PNC TJ7393 96-001

坑道掘削直後の弾性波トモグラフィー調査

（動力炉・核燃料開発事業団　契約業務報告書）

1996 年 3 月

応 用 地 質 株 式 会 社

PNC TJ7393 96-001

坑道掘削直後の弾性波トモグラフィー調査

（動力炉・核燃料開発事業団　契約業務報告書）

1996年3月

応用地質株式会社

PNC TJ7393 96-001
1996年3月

坑道掘削直後の弾性波トモグラフィー調査

石田章司*、山内政也*

要　旨

東濃鉱山北延NATM坑道においては、機械掘削影響試験が実施されている。弾性波トモグラフィー調査も試験の一環であり、坑道掘削による岩盤の掘削影響領域を、弾性波速度分布を指標として把握しようとするものである。

調査地では、すでに坑道掘削前に弾性波トモグラフィー調査が行われており、本調査の目的は、その事前調査の結果と比較するための資料を得ることである。そこで、掘削直後の坑道周辺の岩盤を対象として、弾性波トモグラフィー調査を実施し、坑道周辺の弾性波速度分布を求めた。なお、受振点・起振点配置は事前調査と同一とした。

測定の結果、おおむね良好な波形記録を得ることができた。さらに、解析の結果、解析領域の全体的な速度分布を求めることができたほか、掘削した坑道の近傍では、一部で、その周囲に比べて速度の小さい領域が検出された。得られた速度値は、おおむね2.0～2.6km/secで平均値は2.33km/secであった。また、解析結果の走時残差も十分小さな値となり、信頼性の高いものであるといえる。

本報告書は、応用地質株式会社が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。
契約番号：07C1317
事業団担当部課および担当者：東濃地科学センター　湯佐泰久
*応用地質株式会社　中部支社

PNC TJ7393 96-001
MARCH, 1995

Seismic Tomography Survey after Excavation of a Drift

Shoji Ishida*, Masaya Yamauchi*

Abstract

Study of excavation disturbance in a drift excavated by a road header has been performed at the NATM drift of the Tono mine. Seismic tomography was conducted as one portion of this study. A seismic tomography survey was previously carried out before excavation of the drift at the same site. The purpose of the second survey is to estimate the extent of the excavation disturbed zone from seismic velocity changes. In this survey, exactly the same experimental geometry as that in the pre-excavation survey was used.

High quality waveform data were acquired. As a result of our analysis, a seismic velocity distribution of the whole survey area was determined, and a zone of low velocity range was detected near the drift. Velocities were determined range from 2.0 to 2.6 km/sec overall, and the average velocity was 2.33 km/sec. Moreover, the results gave small traveltime residuals and a very reliable seismic velocity distribution.

Work performed by OYO CORPORATION under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC).
No. of contract : 07C1317
PNC Liaison : Yasuhisa Yusa, TONO Geoscience Center, Geological Environment Research Section
* OYO CORPORATION

― 目 次 ―

1. まえがき

本報告書は、動力炉・核燃料開発事業団のご依頼により、応用地質株式会社が実施した下記の調査結果についてまとめたものである。

<調査件名>

坑道掘削直後の弾性波トモグラフィー調査

<調 査 地>

岐阜県土岐市東濃鉱山計測坑道および試験坑道内（図 1-1 調査地案内図参照）

<調査期間>

平成7年12月8日～平成8年3月15日

<調査目的>

東濃鉱山の北延 NATM 坑道においては、機械掘削影響試験の一環として、坑道掘削前の弾性波速度分布を求めるために、弾性波トモグラフィー調査がすでに実施されている。本調査は、同一箇所において、坑道掘削直後の弾性波速度分布を求め、影響評価のための基礎資料を得ることを目的とする。

<調査内容>

弾性波トモグラフィー調査　　1断面

<調査実施>

応用地質株式会社　中部支社

住所 ：名古屋市守山区大字瀬古字中島 102

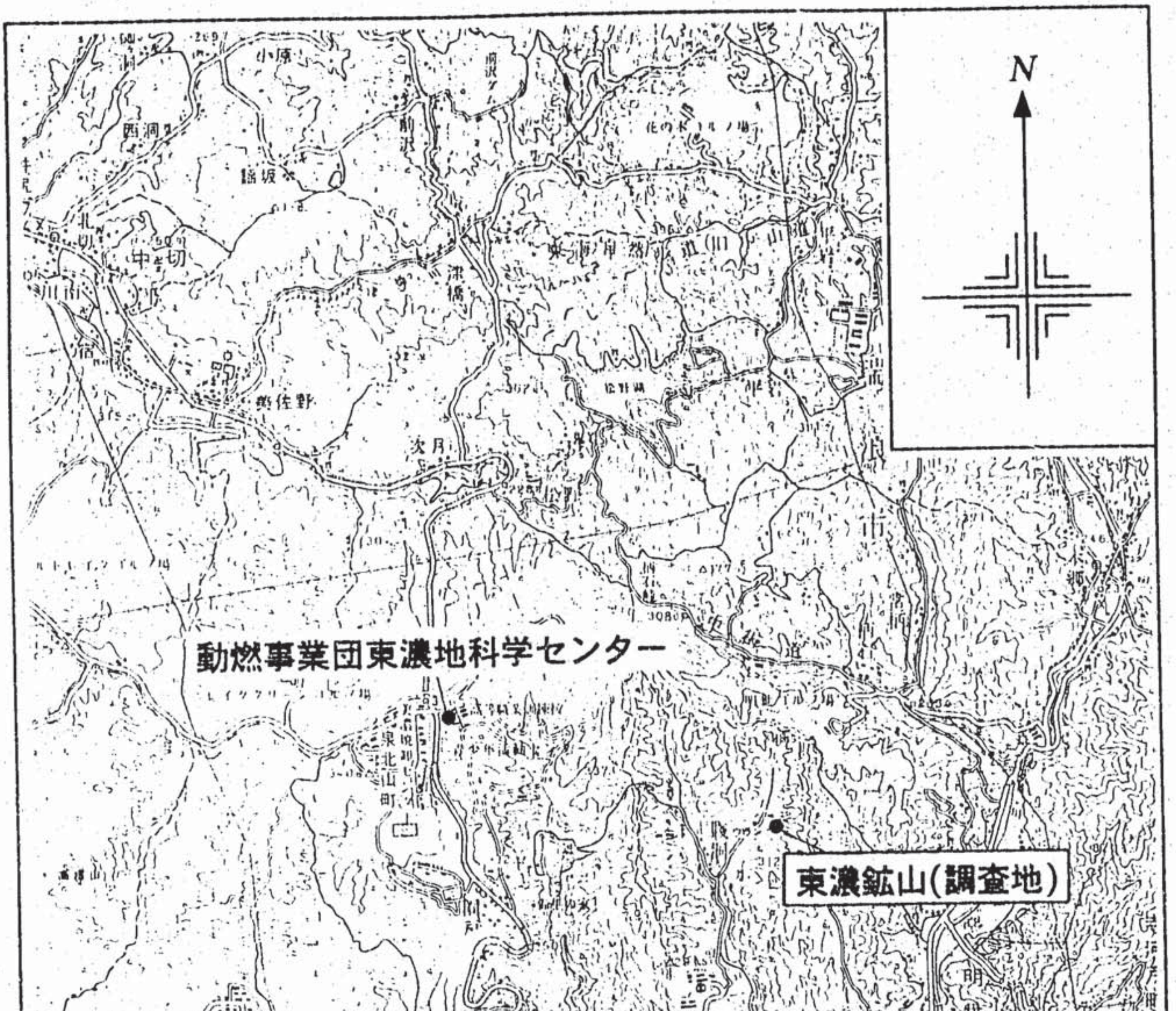
電話 ：052-793-8321

FAX ：052-794-8303

技術一部 物理計測課

石田　章司

山内　政也



この地図は、国土地理院発行の地形図
「美濃加茂」を使用したものである

図1·1　調査地案内図

2. 調査概要

動力炉・核燃料開発事業団では、東濃鉱山北延 NATM 坑道において機械掘削影響試験を行っている。今回は、すでに実施されている坑道掘削前の弾性波トモグラフィー調査（以下、事前調査とする）の結果と比較するためのデータを取得する目的で、弾性波トモグラフィー調査を実施した。

調査を行った坑道付近の地質は、瑞浪層群土岐夾炭累層に属する礫混じり砂岩、砂岩、泥岩である。

調査箇所は、事前調査を行ったのと同じ地点である。また、起振点および受振点の配置も、新たに掘削した試験坑道の抗壁以外については、事前の調査と同一とした。

図 2-1 には、調査箇所見取り図を示す。

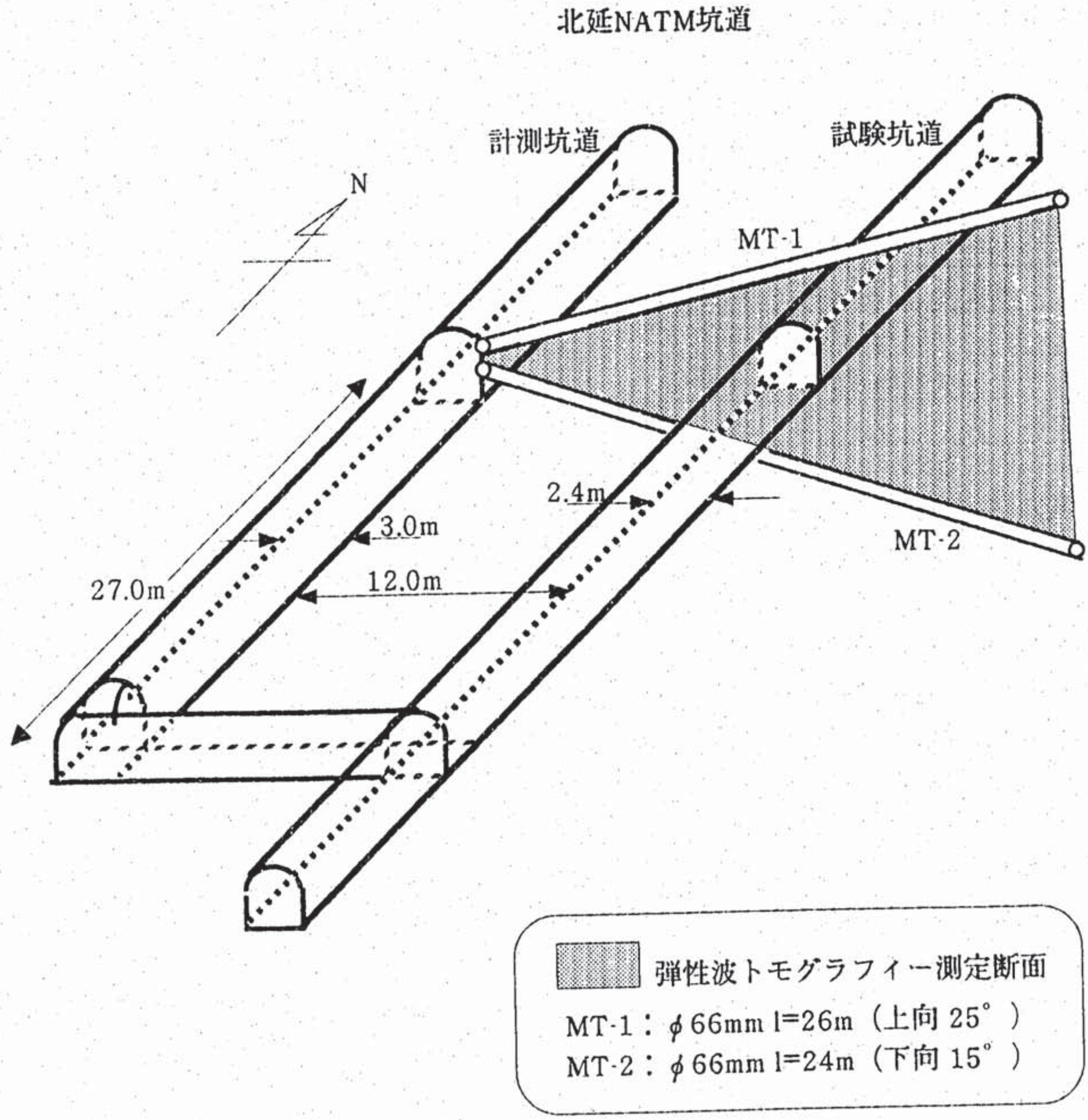


図 2-1　調査箇所見取り図

3. 調査方法

3-1. 起振点・受振点配置

測定は、図 2-1 に示したように、計測坑道の側壁より掘削してある２本のボーリング孔（MT-1、MT-2）を利用して行った。これらのボーリング孔は、試験坑道掘削に先がけて掘削されており、事前調査の際にも使用したものである。起振点・受振点は、これら２本のボーリング孔内と試験坑道および計測坑道の坑壁に設定した。表 3-1 に調査数量一覧を示す。

表 3-1　調査数量一覧

		起振点		受振点		備　考
		点数	ピッチ	点数	ピッチ	
試錐孔	MT-1	１１	2.0m	２２	1.0m	φ 66mm, 上向 25°, l=26m
	MT-2	１１	2.0m	２３	1.0m	φ 66mm, 上向 15°, l=24m
坑道	計測	−	−	１	−	3.0m×3.0m の馬蹄形
	試験	８	1.2m	８	1.2m	2.4m×2.4m の馬蹄形
合計		３０	−	５４	−	

各測定点の位置は、試験坑道坑壁を除いて事前調査と同一とした。表 3-2 には測定点座標一覧を示す。今回使用した座標系は、計測坑道の受振点を原点とし、水平方向を X（東向きが正）、鉛直方向を Y（上向きを正）とするもので、事前調査で使用されているものである。また、各測定点の番号も、事前調査にならって付した。すなわち、MT-1 孔の起振点・受振点をそれぞれ SU・RU、MT-2 孔の起振点・受振点をそれぞれ SL・RL とし、その後に深度を示す数字を付した。また、坑壁の起振点・受振点をそれぞれ WS・WR とした。ただし、計測坑道坑壁の受振点（事前調査の「WR」）を「WR0」とし、試験坑道坑壁の受振点を「WR1」～「WR8」、起振点を「WS1」～「WS8」とした。図 3-1 には、起振点・受振点配置図を示す。なお、図中の小さな番号は、起振点および受振点の通し番号である。

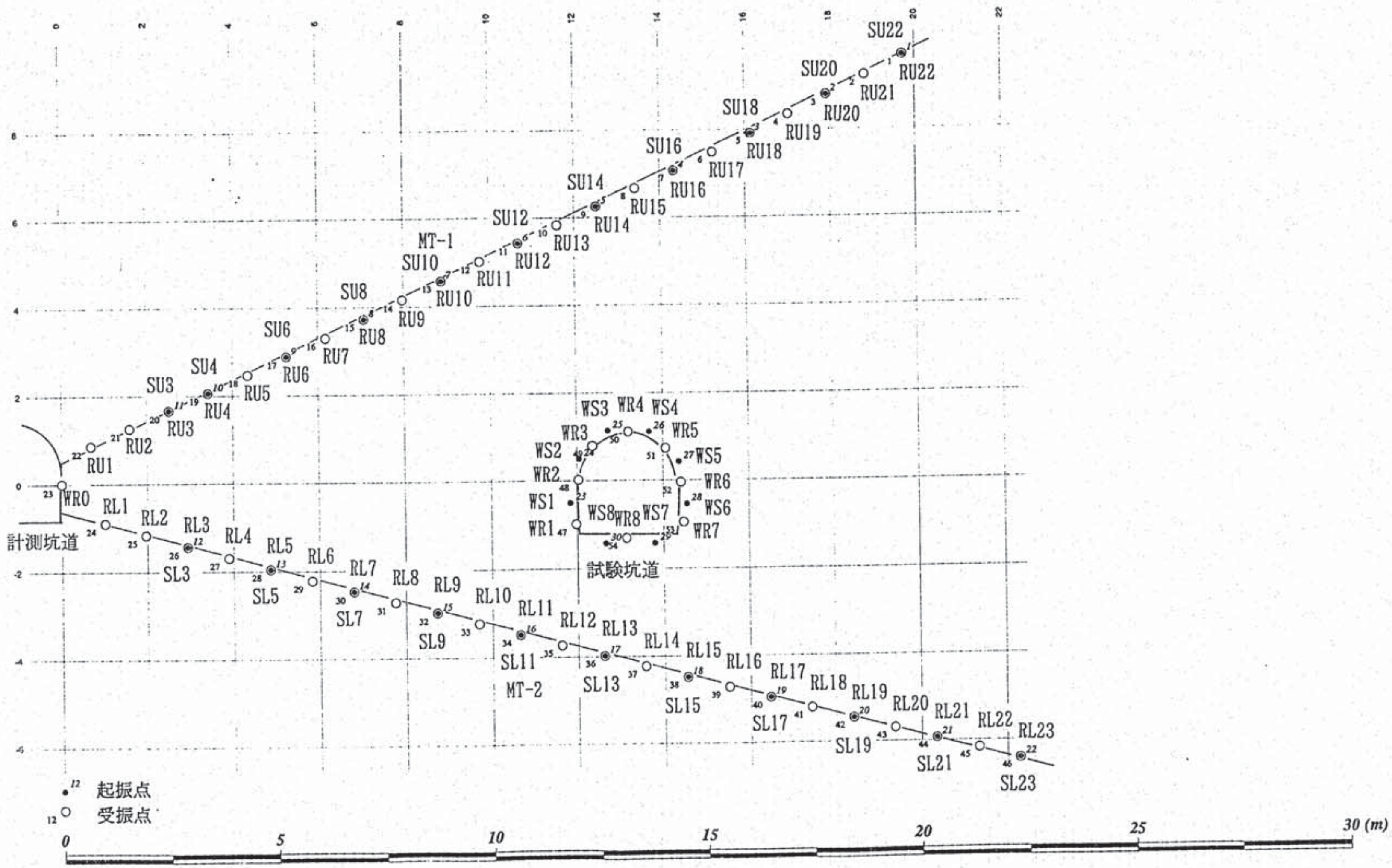
表 3-2　測定点座標一覧

MT-1 孔				
受振点	起振点	深度(m)	X座標(m)	Y座標(m)
RU1	-	0.87	0.69	0.86
RU2	-	1.87	1.60	1.26
RU3	SU3	2.87	2.52	1.66
RU4	SU4	3.87	3.44	2.06
RU5	-	4.87	4.35	2.47
RU6	SU6	5.87	5.26	2.88
RU7	-	6.87	6.17	3.30
RU8	SU8	7.87	7.08	3.72
RU9	-	8.87	7.98	4.15
RU10	SU10	9.87	8.88	4.58
RU11	-	10.87	9.78	5.01
RU12	SU12	11.87	10.69	5.42
RU13	-	12.87	11.60	5.83
RU14	SU14	13.87	12.51	6.24
RU15		14.87	13.42	6.65
RU16	SU16	15.87	14.33	7.06
RU17	-	16.87	15.44	7.48
RU18	SU18	17.87	16.14	7.[illegible]1
RU19	-	18.87	17.04	8.34
RU20	SU20	19.87	17.93	8.78
RU21	-	20.87	18.83	9.22
RU22	SU22	21.87	19.72	9.67

MT-2 孔				
受振点	起振点	深度(m)	X座標(m)	Y座標(m)
RL1	-	1.00	1.01	-0.90
RL2	-	2.00	1.97	-1.17
RL3	SL3	3.00	2.93	-1.44
RL4	-	4.00	3.89	-1.70
RL5	SL5	5.00	4.85	-1.96
RL6	-	6.00	5.82	-2.22
RL7	SL7	7.00	6.79	-2.48
RL8	-	8.00	7.75	-2.73
RL9	SL9	9.00	8.72	-2.98
RL10	-	10.00	9.69	-3.23
RL11	SL11	11.00	10.65	-3.49
RL12	-	12.00	11.62	-3.74
RL13	SL13	13.00	12.59	-3.98
RL14	-	14.00	13.56	-4.23
RL15	SL15	15.00	14.53	-4.48
RL16	-	16.00	15.50	-4.72
RL17	SL17	17.00	16.47	-4.97
RL18	-	18.00	17.44	-5.21
RL19	SL19	19.00	18.41	-5.45
RL20	-	20.00	19.38	-5.69
RL21	SL21	21.00	20.35	-5.93
RL22	-	22.00	21.32	-6.17
RL23	SL23	23.00	22.29	-6.41

計測坑道			
受振点	起振点	X座標(m)	Y座標(m)
WR0	-	0.00	0.00

試験坑道			
受振点	起振点	X座標(m)	Y座標(m)
WR1	-	11.97	-0.99
WR2	-	12.03	0.02
WR3	-	12.36	0.79
WR4	-	13.19	1.11
WR5	-	14.06	0.73
WR6	-	14.41	-0.05
WR7	-	14.47	-0.95
WR8	-	13.13	-1.31
-	WS1	11.85	-0.50
-	WS2	12.06	0.50
-	WS3	12.72	1.14
-	WS4	13.68	1.11
-	WS5	14.37	0.43
-	WS6	14.55	-0.54
-	WS7	13.80	-1.43
-	WS8	12.65	-1.43



PNC TOMOGRAPHY

図 3-1 起振点・受振点配置図

図 3-1 起振点・受振点配置図

3-2. 測定方法

現場では、受振点および測定機器などの設置のあと、所定の箇所に電気雷管を装塡して起振した。データは、その時起振するボーリング孔以外の全点について、同時に収録できるため、一度設置すれば、受振点を移動せずに8～11点起振することができる。以下に、起振方法、受振点設置方法およびデータ収録方法について説明する。

＜起振方法＞

今回、起振源としては、電気雷管（6号瞬発）を用いた。薬量は、すべての起振点で1個とした。

ボーリング孔内で起振する際には、電気雷管をアルミ棒の先端に取り付けて所定位置まで挿入した後、いわゆる発破の"効き"を良くするために、孔内に水を充塡して起振した。MT-1孔に関しては、孔が上向きのため、あらかじめ作製しておいた止水用の金具を用い、以下のようにして水を充塡した（図 3-2(a)参照）。

(1) 装塡用のアルミ棒に空気抜き用のパイプをはわせて、ボーリング孔に一緒に挿入する。このとき、空気抜きパイプの長さを雷管の深度より0.5～1.0m程度長くしておく。
(2) 雷管付きのアルミ棒を固定し、止水金具を取り付ける。
(3) 口元から水を注入し、空気抜きパイプから水が返ってくること、すなわち、空気抜きパイプの先端まで水が充塡され電気雷管が水中にあることを確認する。

MT-2孔に関しては、下向きの孔でもともと孔内が水で満たされていたため、雷管装塡後そのまま起振した。

試験坑道の坑壁で起振する際には、起振点位置に、ハンマードリルでφ 10mm、深さ 10cm 程度の穴を開け（吹き付けコンクリートの厚さは 7cm 程度）、そこに雷管を挿入し粘土で装塡した後、起振した。

起振には、地震探査用の発火器を用いた。

＜受振点設置方法＞

ボーリング孔内での受振には、1m ピッチのハイドロフォンケーブルを用いた。ボーリング孔が斜めであるため、ケーブルをφ 20mm 程度の塩ビパイプに固定しながら挿入した。また、ハイドロフォンは、粗密波による水圧の変化を感知するセンサーであり、孔内が水で満たされている必要がある。そこで、起振の時と同様の方法で孔内に水を充塡して測定を行った（図 3-2(b)参照）。

試験坑道の坑壁での受振には、地震探査用の地震計を用いた。地震計を設置する際は、ハンマードリルで深さ 10cm 程度の穴を開けてアンカーボルトを打ち込み、そこに地震計をネジ止めし、さらに石膏で固定した。

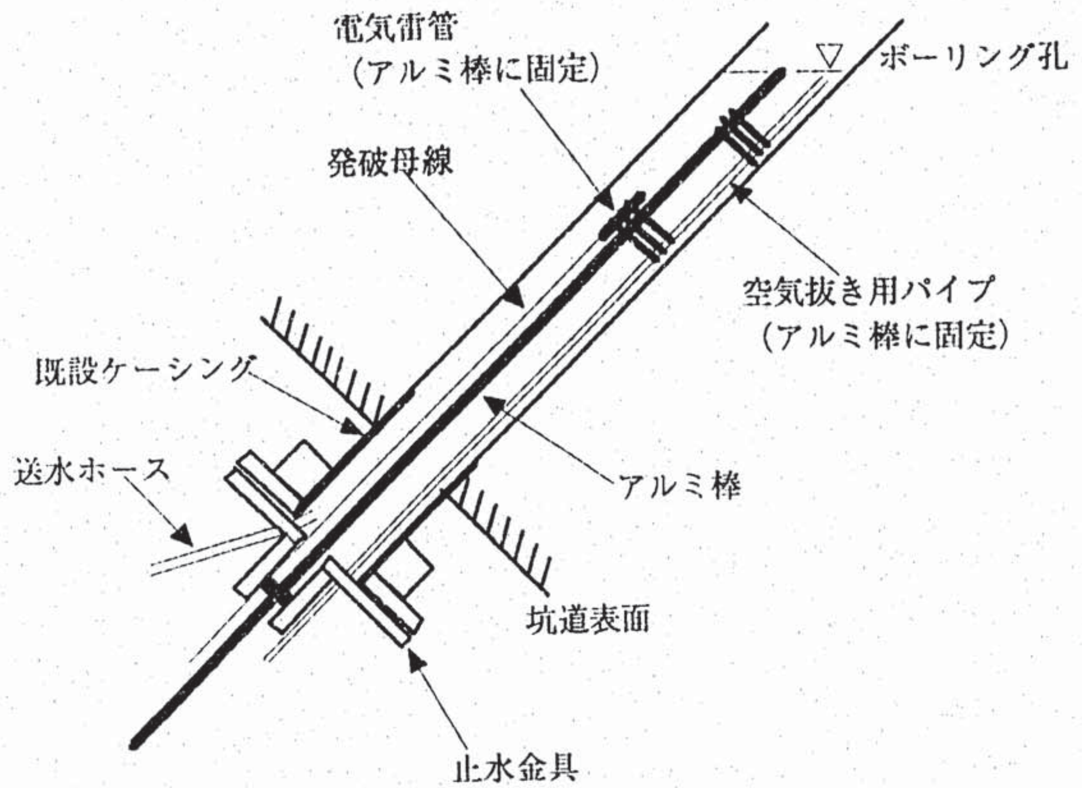


図 3-2(a)　MT-1孔への雷管装填状況模式図

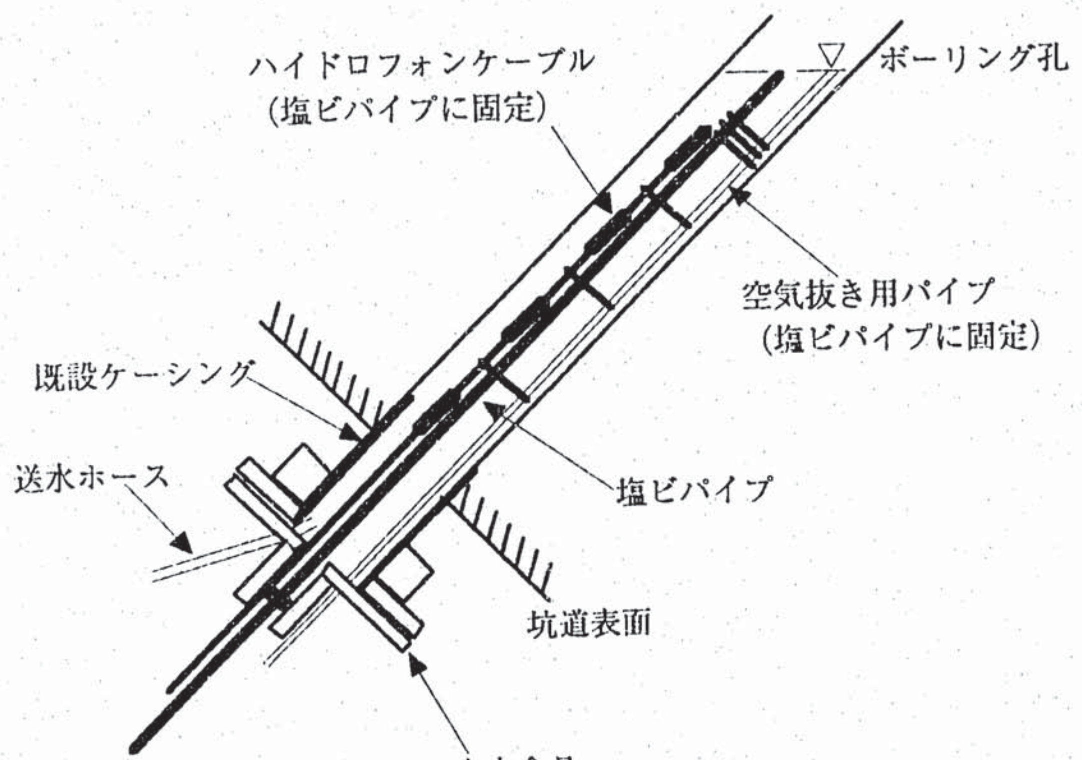


図 3-2(b)　MT-1孔へのハイドロフォン設置状況模式図

各受振点で受振された信号は、ハイドロフォンケーブルに関しては直接、地震計に関してはテイクアウトケーブルを介して、データ収録装置に入力される。

＜データ収録方法＞

今回、データ収録装置としては、高時間分解能で多チャンネル同時測定が可能な地震探査装置（DAS-1）を用いた。今回の測定では、後述するショットマークを含めると1起振点につき最大55点分のデータを収録する必要がある。今回は、DAS-1本体に拡張ユニットを取り付けることにより、ひとつの起振点に対するデータはすべて同時に収録した。

また、この収録装置は、発火器からのトリガー信号によってデータの収録を開始する仕組みになっている。しかし、このトリガー信号は、電気を流してから雷管が破裂するまでの時間の遅れや、発破回路の抵抗の違いなどにより、実際に電気雷管が破裂した時間と厳密には微少ではあるがずれている。そこで、今回は、あらかじめ、電気雷管に巻線を施しておき、巻線が発破によって切断された時間を示すショットマークを、各受振点のデータとともに波形記録として収録し、起振時刻を読み取った。また、ショットマークを確実に収録するために、プレトリガー[1)]機能を用いた。　実際の作業としては、まず、上記のような方法で、起振・受振の準備を行い、各ケーブルをデータ収録装置に接続する。次に、収録装置の調整を行った後、周囲の安全を確認し起振する。収録されたデータを、モニター画面上でチェックし、良ければ次の起振の準備をする。これらの作業を、繰り返し行って、すべての起振点についてデータを収録した。なお、測定データは、収録装置内蔵のハードディスクに保存しておき、室内で解析用のコンピュータに転送した。図 3-3 には測定模式図を、表 3-3 には使用機器一覧を示す。

1）プレトリガー(pre-trigger)：受振器などから常時出力されてくる信号を、一定時間、測定器のメモリーにプールしておくことにより、実際にトリガー信号が入るよりも一定時間前の時刻からの波形データが収録される。

表 3-3　弾性波トモグラフィー・使用機器一覧表

名　称	型　番	仕　　様	数量	制作会社名
データ収録装置	DAS-1	ﾁｬﾝﾈﾙ数・・・48ch+2ch（AUX） （最大 144ch まで拡張可能） ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ・・・0.03125〜4msec 周波数帯域・・・・3〜4000Hz 前置増幅・・・・・・24dB, 48dB 最大分解能・・・・・・・114dB （前置利得 24dB 時） 108dB （前置利得 48dB 時） フロッピーディスク・・・1.44MB ハードディスク・・・・・120MB	1 式	OYO Geospace
地震計	SMC-70	固有周波数・・・・・・・・・28Hz 上下動速度型ジオフォン	8 個	OYO Geospace
ﾃｲｸｱｳﾄｹｰﾌﾞﾙ	Model-1416	ジオフォン端子：12 個 端子間隔：5m	1 巻	応用地質(株)
中継線	Model-15210	12cn, 100m 長	1 巻	応用地質(株)
孔中受振器 (ﾊｲﾄﾞﾛﾌｫﾝｹｰﾌﾞﾙ)	ITI-BC4	成分数：24ch 受振点間隔：1m 周波特性：5〜5kHz	2 巻	ITI
発火器 (ｻｲｽﾐｯｸ・ｽﾀｰﾀｰ)	Model-1340	発火電圧：150v ショットマーク回路内臓 電話線回路内蔵, ハンドセット付	1 台	応用地質(株)
電気雷管	6号瞬発	脚線長：1.8m 点火電流：1.0A 遅延装置なし, 耐静電気雷管	--	日本油脂
その他	DAS-1 用拡張ﾕﾆｯﾄ, ﾊﾞｯﾃﾘｰ, 電話線, 発破母線 ｱﾙﾐ棒, 塩ビ管 など		1 式	--

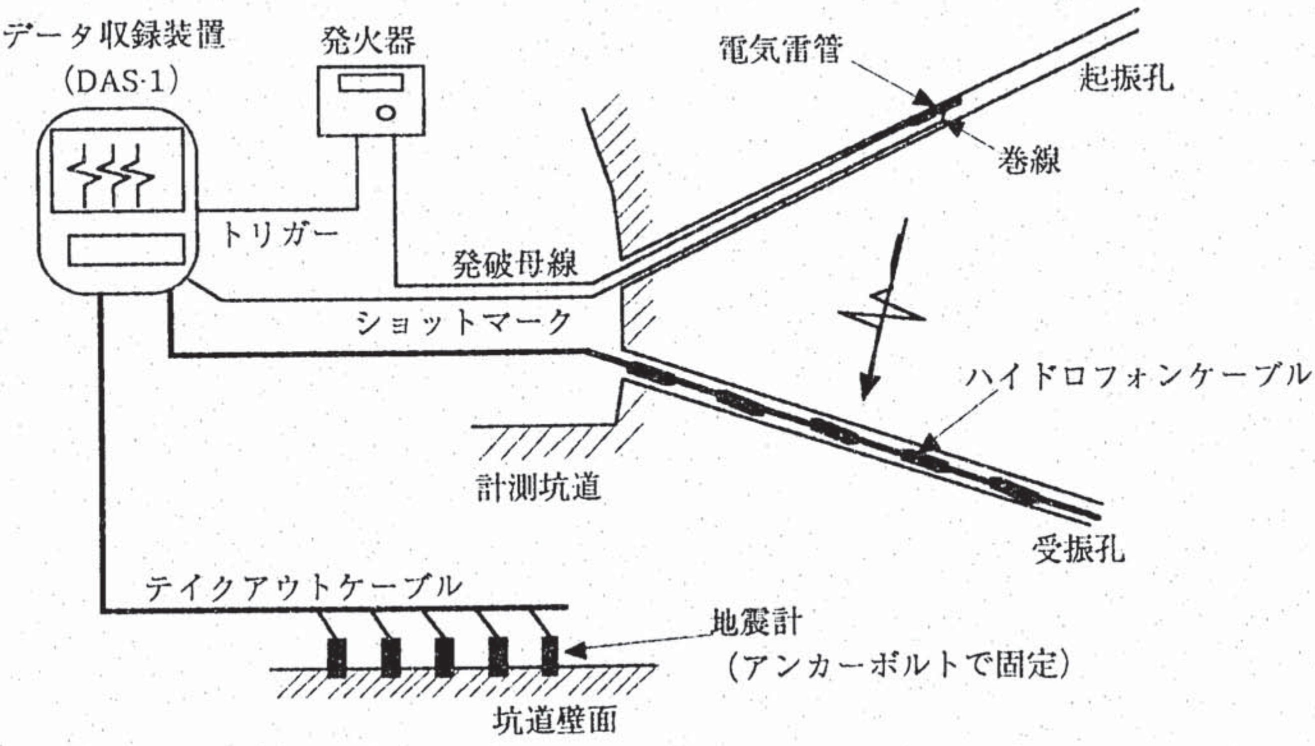


図 3-3　測定模式図

3-3. 解析方法

解析は反復法を用いて行う。反復法とは、まず速度分布の初期モデルを設定し、このモデルに対する全ての起振点、受振点の組の走時（弾性波が起振点から受振点まで伝播するのに要するの時間）を計算する。次に、この理論走時と実際に観測した走時を比較し、その２つの走時の差、すなわち走時残差を小さくするように速度モデルを逐次修正していく方法である。解析の流れを図 3-4 に示す。以下に解析のステップの処理について述べる。なお、解析方法の詳しい内容については、巻末資料に掲載した。

①初動走時読み取り

まず、収録した波形記録から初動走時を読み取る。この際、各起振点ごとにショットマークも読み取り、各受振点の初動到達時刻とショットマークの時刻の差を読み取り走時とした。読み取りは、波形記録をワークステーションの画面上に表示し、振幅などを適宜変更しながら行った。

②解析データ作成

①で読み取った初動走時データおよび起振点・受振点の座標を解析データとし、計算機に入力する。

③データチェック・往復走時修正

まず、データの入力ミスや初動走時の読み取りミスの有無をチェックする。つぎに、往復走時のチェックと補正を行う。往復走時とは、ある一組の測定点に対して起振と受振を入れ替えた場合の走時データの組合せのことで、理論的には同じ値になる。しかし、実際には、トリガーのずれなどが原因で完全には一致しないため、最小二乗法を用いて補正を行う。

④初期モデルの設定

解析断面の範囲を適切な大きさのセル（ここでは、小さな正方形の領域）に分割し、分割された各セルに速度値を与え、反復法の初期値となる速度分布のモデルを設定する。初期モデルとしては、直線波線を仮定した逆投影法（ＢＰＴ）を用いる。

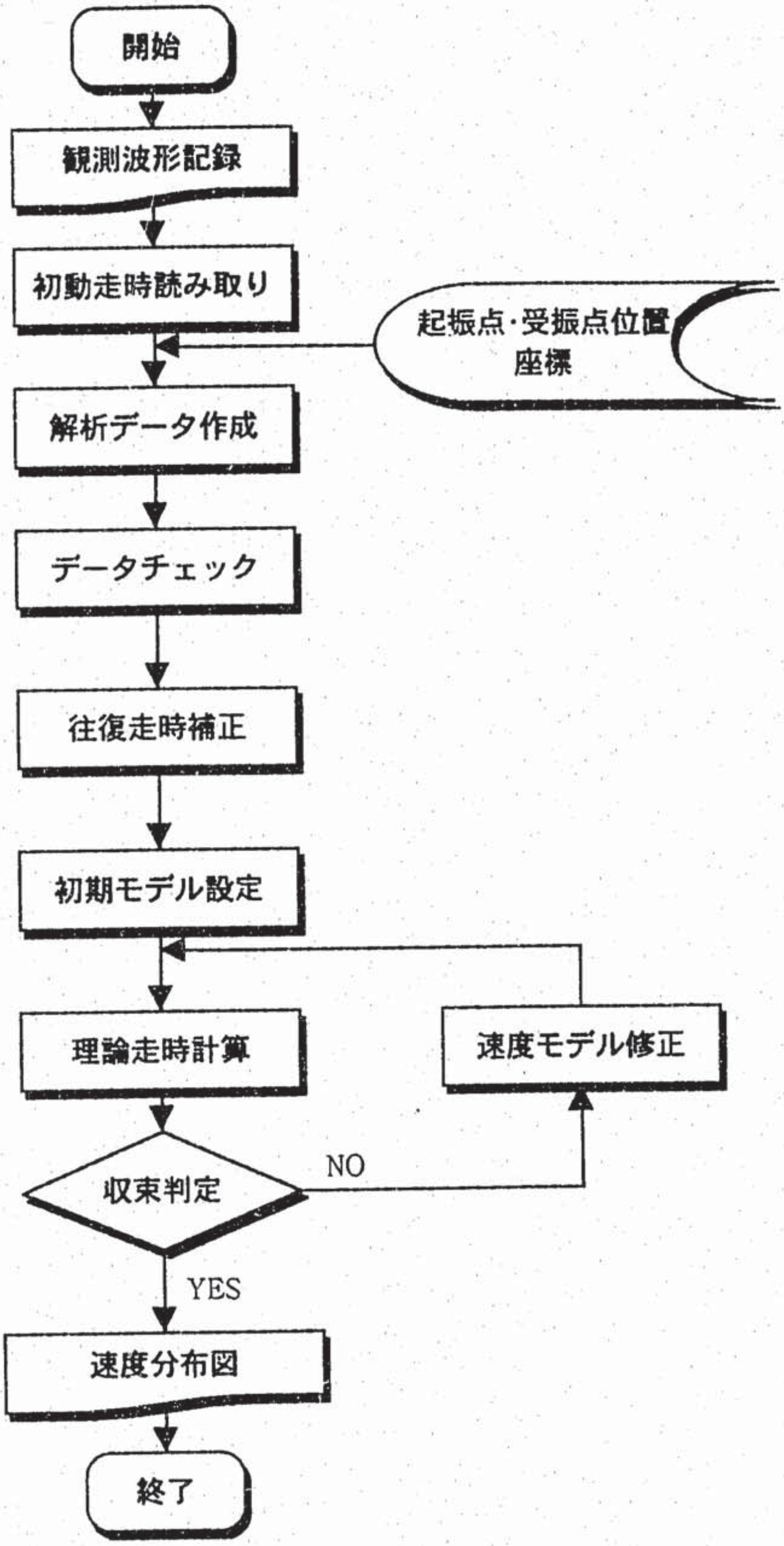


図 3-4　トモグラフィー解析の流れ図

⑤理論走時の計算

速度分布モデルに対して、波線の屈折を考慮したパス計算を行い、初動走時として測定されるべき理論走時を計算する。ここで計算した理論走時と実際の観測走時の差を走時残差といい、次の収束判定の際に用いる。

⑥収束判定

反復計算は、走時残差が十分小さくなるか、走時残差の減少が見られなくなるまで、つまり収束するまで繰返し行う。収束しているかどうかの判定は、走時残差の平均値、最大・最小値、標準偏差および RMS 残差（平均二乗残差）を用いて行う。収束していないと判断された場合には、速度モデルを修正し、再度、⑤の理論走時の計算を行った後、収束判定を行う。

⑦速度モデルの修正

⑥で収束していると判定されなかった場合、各データの走時残差を小さくするよう、速度分布モデルを修正する。修正には同時反復法（ＳＩＲＴ）を用いる。

⑧最終速度断面図

最終的に収束した各セルの速度値を用いて、速度コンターを作成し、速度値に対応したカラー表示で断面の速度分布を示す。

4. 調査結果

4-1. 測定結果

巻末資料に、収録した波形記録を掲載した。

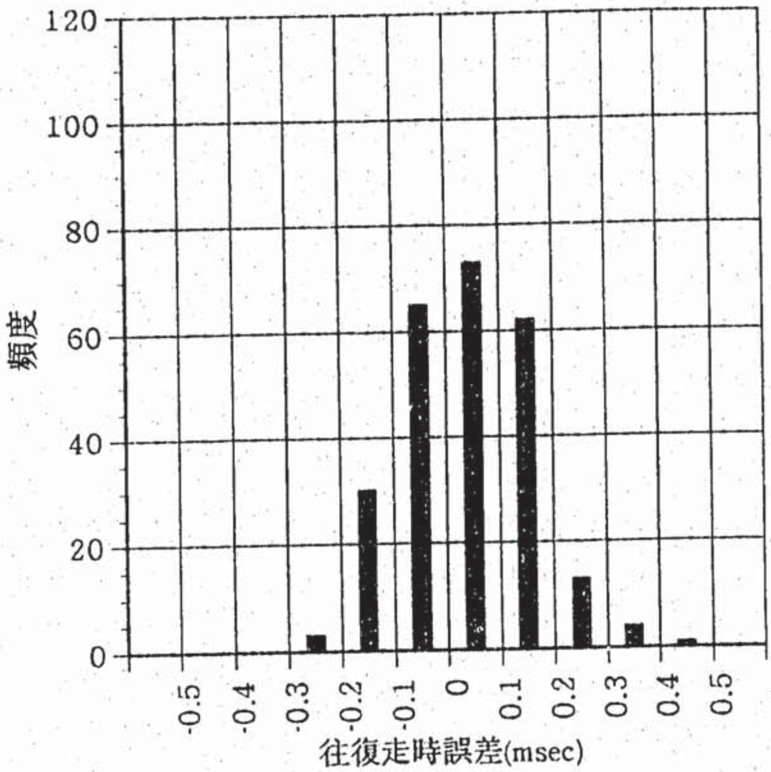
波形記録には読み取り走時（往復走時補正前）の値とその位置を記した。ハイドロフォンで収録した記録については、一部で、ショットマークのカップリング[1]が認められるが、初動部分に関してはおおむね良好な記録が得られた。初動走時の読み取りは、収録したすべてのデータについておこなった。収録データ数は1123である。なお、データ収録時の、A/D変換のサンプリングタイムは、0.0625msecである。

反復計算に先立って、まず、往復走時補正を行った。図 4-1 に往復走時誤差頻度分布図を示す。誤差分布は、0msecを中心として正規分布を示しており、誤差の絶対値の平均値は、補正前が 0.097msec であるのに対し補正後は 0.062msec、標準偏差は、補正前が 0.077msec であるのに対し補正後は 0.048msec であり補正が有効に行われているものと考えられる。表 3-4 に往復走時補正の諸量一覧を示す。

表 3-4　往復走時補正の諸量一覧

	往復走時補正前	往復走時補正後
往復走時誤差の絶対値の平均値	0.097(msec)	0.062(msec)
往復走時誤差の標準偏差	0.077(msec)	0.048(msec)
		往復走時の組合せの数= 251

1）カップリング　あるチャンネルの信号が電気的に他のチャンネルにのってしまうこと。



往復走時の組合せの数 = 251

図 4-1(a)　往復走時誤差頻度分布図（補正前）

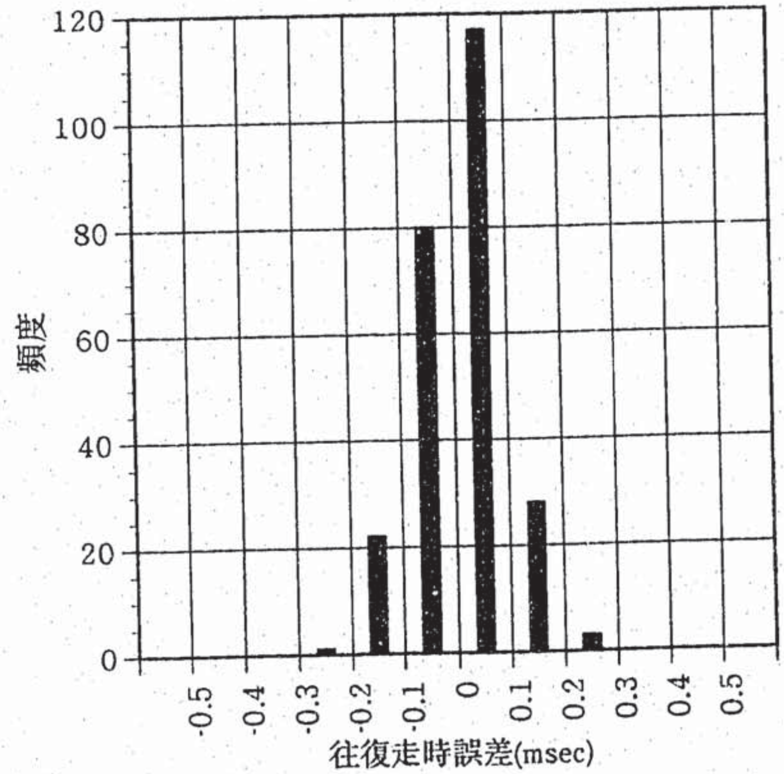


図 4-1(b)　往復走時誤差頻度分布図（補正後）

4-2. 解析結果

解析は、実際に何種類かの測定パターンについて試みた。その結果、踏前（トンネルの河床部分、踏まえ所＝足で踏みしめる部分）で観測したデータについては、ズリの影響が出ていることが懸念された。すなわち、踏前のデータを含むすべてのデータを用いて解析を行った場合、踏前部分を中心に、極端な低速度領域が現れた。その規模は、坑道から 1.5m もの範囲にまでおよび、速度も深度 1m 付近までが 1.6km/sec 以下で踏前部分では 1.4km/sec 以下となった。測定時は、ズリの影響をなくすため、踏前を掘り下げるなどの措置を施したが、十分に効果が得られなかったものと思われる。結果に影響を及ぼすズリの厚さは、実際には非常に薄いものと思われるが、同時に速度も非常に小さく、初動走時に遅れが出ていることが考えられる。後で述べるように、解析セルの大きさは 50cm であり、それより薄いものは表現することができず、逆に、反復計算の際に解析領域の他の部分にまで影響を及ぼす可能性がある。そこで、最終的には踏前のデータ（WS7, WS8, WR8）を省いた 989 データを採用した。データを省いたことが解析結果に与える影響については５．で述べることとする。図 4-2 に測定パターンを示す。この図で、試験坑道内に線が引かれているのは、解析に使用した起振点～受振点間を直線で結んでいるためである。巻末資料には、解析に使用した走時の一覧表を示す。

今回は、解析領域を 50cm 四方の正方形のセルに分割し解析を行った。弾性波トモグラフィーの解析においては、セルを小さくするとより詳細な速度分布を表現できるが、逆にセルの数を多くしすぎると、個々のセルを通過する波線の数が少なくなるため解析精度が低下する。経験的には、セルの数はデータ数の半分以下が望ましいと言える。今回のデータでその条件を満たすには、セルの大きさを 1m 四方程度にする必要がある。ただし、掘削による掘削影響範囲の厚さが、数十センチ程度である可能性もあることから、１辺 50cm の正方形とした。

また、セル分割の位置の違いによる結果の違いをチェックするため、座標(0,0)がセルの角に来る場合(case-1)とセルの中心に来る場合(case-2)の２種類の分割方法について反復計算を行い、最終的にはこれらを重ね合わせたもの（平均値）を、解析結果とした。収束判定の詳細については、考察の項で述べる。

図 4-3 に解析結果図を示す。解析領域の速度値は、おおむね 2.0～2.6km/sec 程度である。計測坑道付近では 1.6km/sec 近い低速度となっている。また、MT-1 孔の深度 8～12m 付近と MT-2 孔の深度 5～9m 付近には、周囲に比べてやや低速度の部分がある。さらに、MT-2 孔の 11m 以深から試験坑道にかけては、やや、高速度の部分が広がっている。坑道付近に関しては、右側および底盤付近では、周囲の 2.4～2.6km/sec に比べて 2.0～2.4km/sec と小さい値を示している。天端および左側付近の速度値は、周囲の速度値とほぼ同じである。なお、解析結果の、平均速度は 2.33km/sec、最大値は 2.69km/sec、最小値は 1.59km/sec であった。

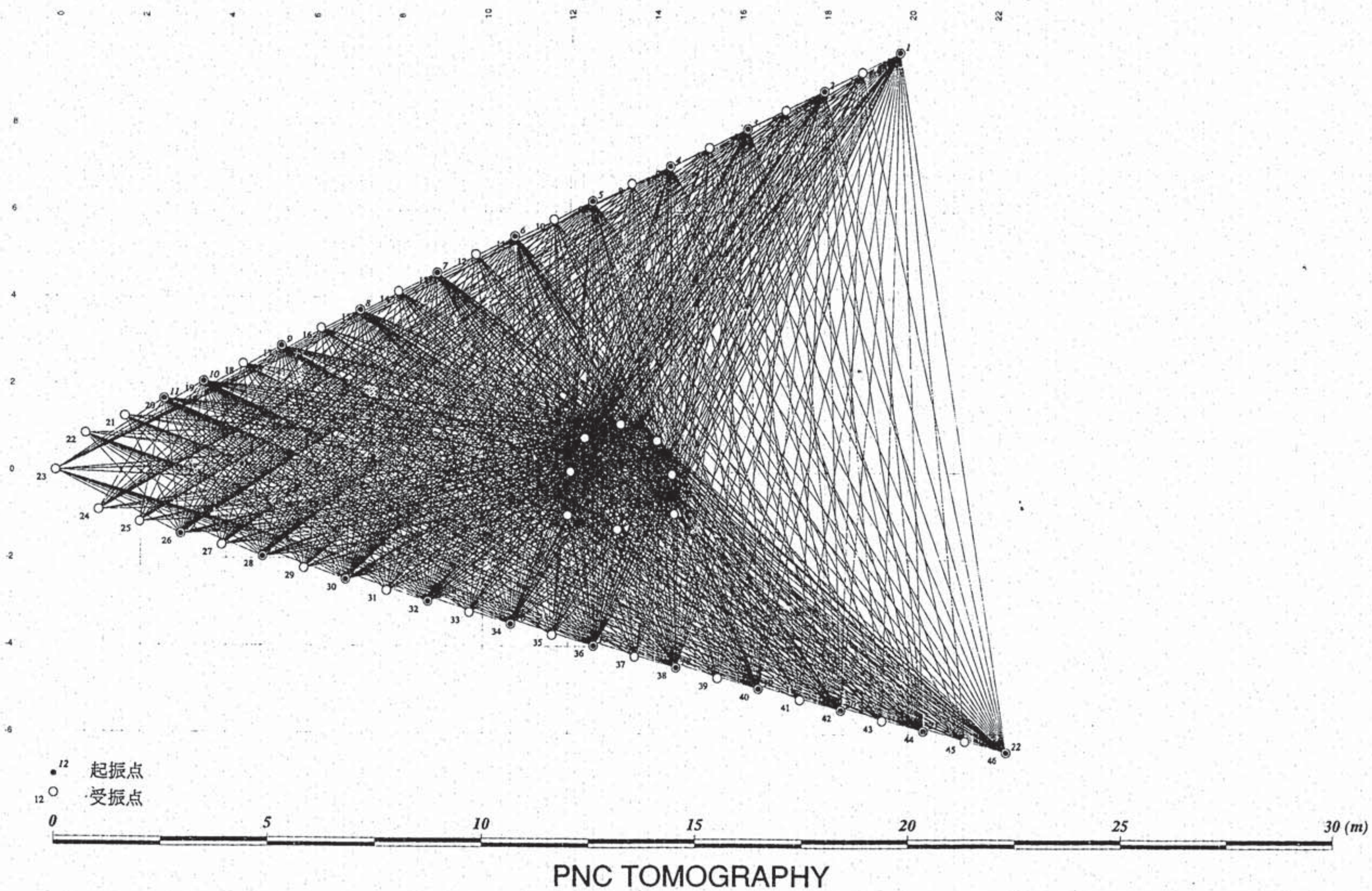


図 4-2 測定パターン

図 4-2 測定パターン

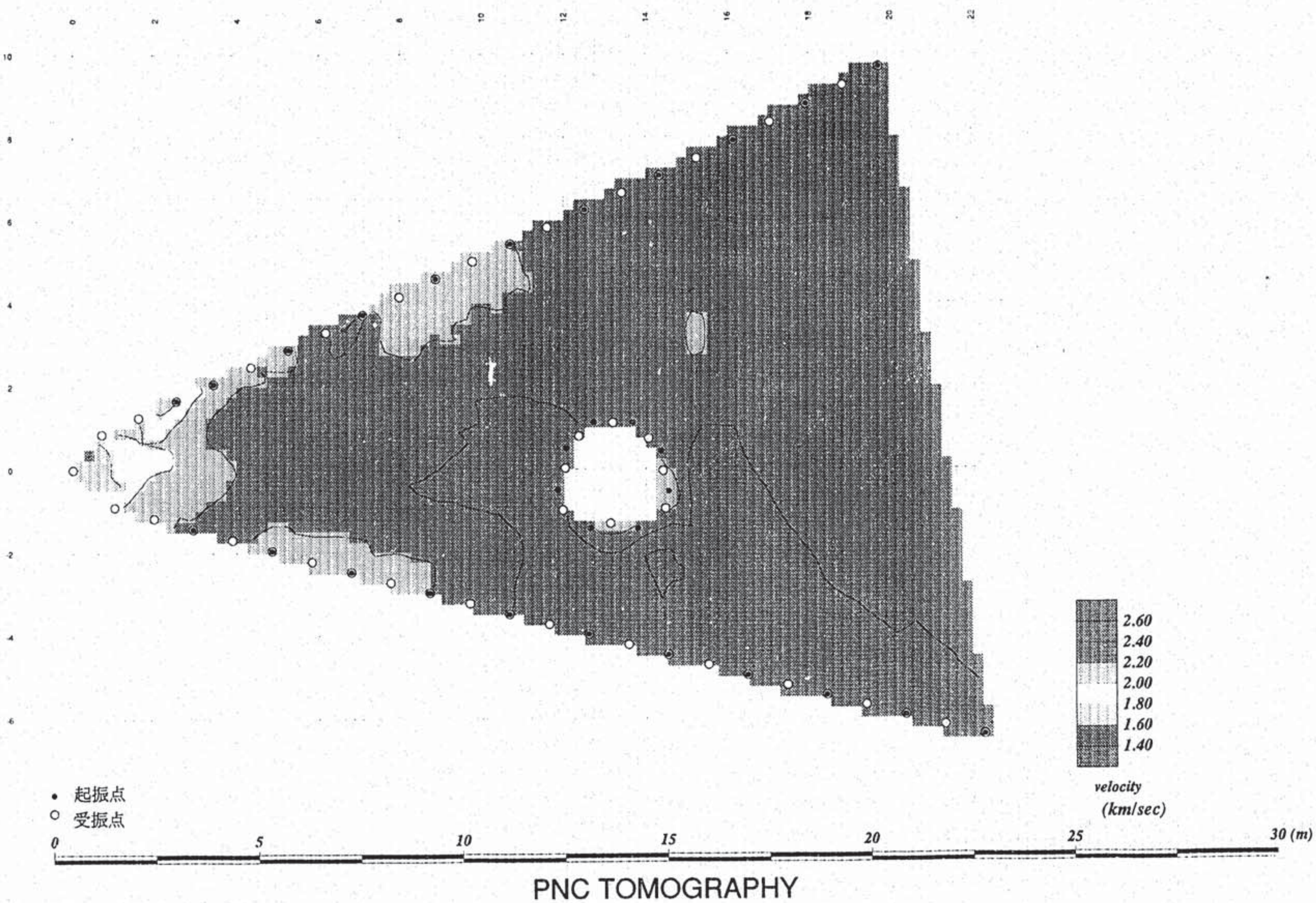


図 4-3　解析結果図（速度分布図）

図 4-3　解析結果図（速度分布図）

5. 考察

ここでは、4. で求めた解析結果の信頼性について考察する。

まず、反復計算の収束状況について述べる。表 5-1 に反復回数ごとの走時残差の平均値・最大値・最小値・標準偏差・RMS 残差を示す。これらの値のうち、収束判定に利用するのは、主に RMS 残差である。図 5-1 に RMS 残差の変化の様子を示す。case-1、case-2 とも、7回目以降、残差の減少は少なく、収束と判定し、10 回で反復計算を終了した。

表 5-1(a) 反復回数ごとの走時残差 (case-1)

反復回数	走時残差 (mssc)				
	平均値	最大値	最小値	標準偏差	RMS 残差
1	-0.0156	0.5603	-0.3287	0.1240	0.1250
2	-0.0001	0.5726	-0.2888	0.1069	0.1069
3	-0.0021	0.5665	-0.2624	0.0980	0.0981
4	-0.0038	0.5590	-0.2608	0.0937	0.0938
5	-0.0037	0.5515	-0.2640	0.0913	0.0913
6	-0.0042	0.5443	-0.2676	0.0897	0.0898
7	-0.0042	0.5391	-0.2703	0.0887	0.0888
8	-0.0046	0.5334	-0.2732	0.0880	0.0881
9	-0.0047	0.5280	-0.2758	0.0875	0.0876
10	-0.0045	0.5239	-0.2761	0.0868	0.0869

表 5-1(b) 反復回数ごとの走時残差 (case-2)

反復回数	走時残差 (msec)				
	平均値	最大値	最小値	標準偏差	RMS 残差
1	-0.0156	0.5603	-0.3287	0.1240	0.1250
2	-0.0015	0.5595	-0.2684	0.1009	0.1009
3	-0.0029	0.5515	-0.2590	0.0929	0.0929
4	-0.0041	0.5427	-0.2602	0.0892	0.0893
5	-0.0042	0.5341	-0.2544	0.0873	0.0874
6	-0.0044	0.5270	-0.2682	0.0860	0.0862
7	-0.0046	0.5211	-0.2705	0.0852	0.0853
8	-0.0045	0.5154	-0.2729	0.0846	0.0847
9	-0.0046	0.5112	-0.2747	0.0842	0.0843
10	-0.0048	0.5083	-0.2766	0.0838	0.0840

図 5-2 には、計算走時～観測走時の関係図を示す。観測走時と計算走時が等しければ、点は図中の直線(Y=X)上にプロットされる。今回の結果では、多少のばらつきはあるものの、ほぼ直線上にのっているとみることができる。これらのばらつきの原因は観測や読み取りの誤差であると考えられる。図 5-3 には、走時残差の頻度分布図を示す。走時残差の分布は、0msec を中心とする正規分布を示し、ほとんどが±0.3ms 以内に収まっており、最大でも 0.5msec 以下である。これらの結果から、今回計算によって得られた結果は、観測データを十分満足するものであるといえる。

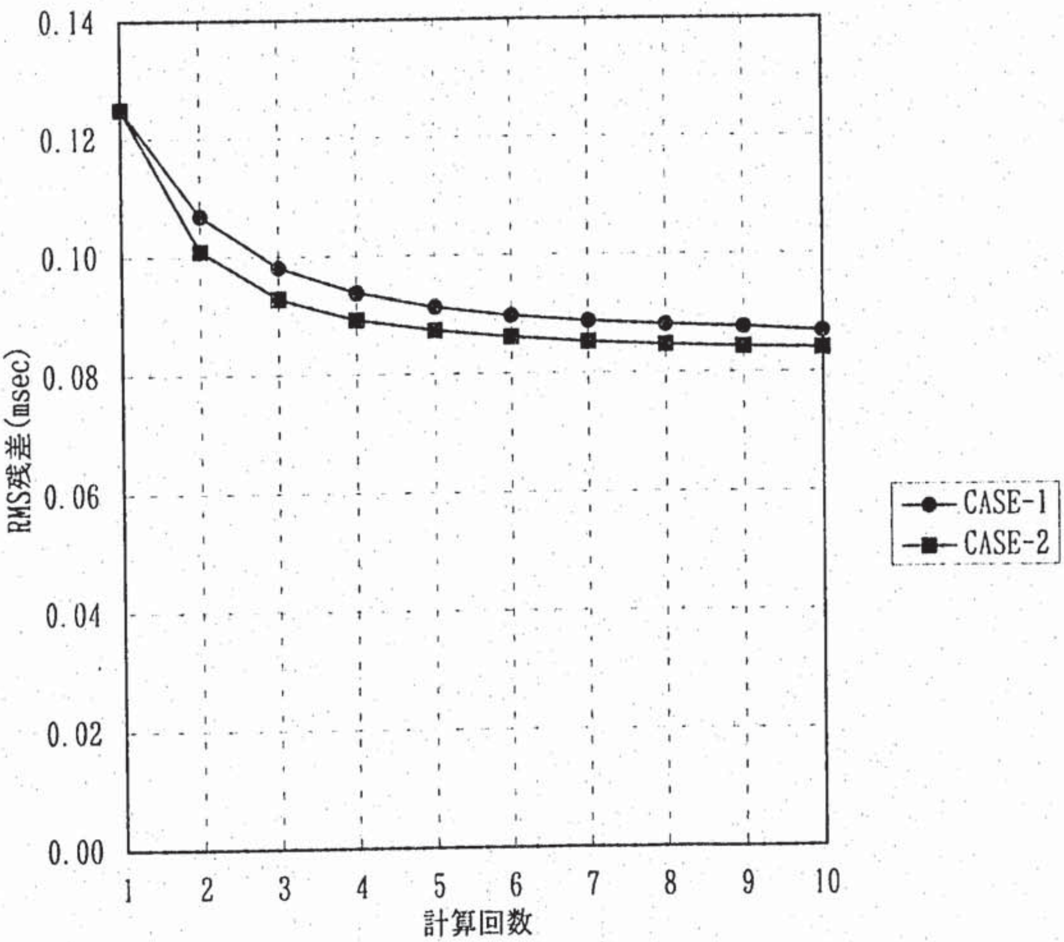


図 5-1 収束状況

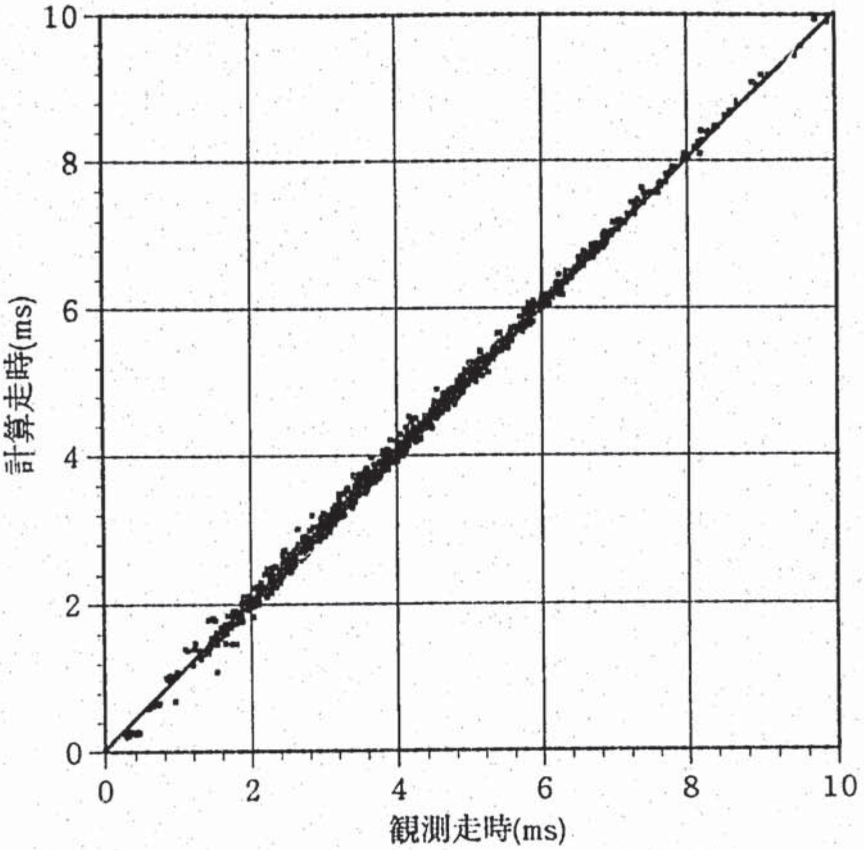


図 5-2　観測走時～計算走時関係図

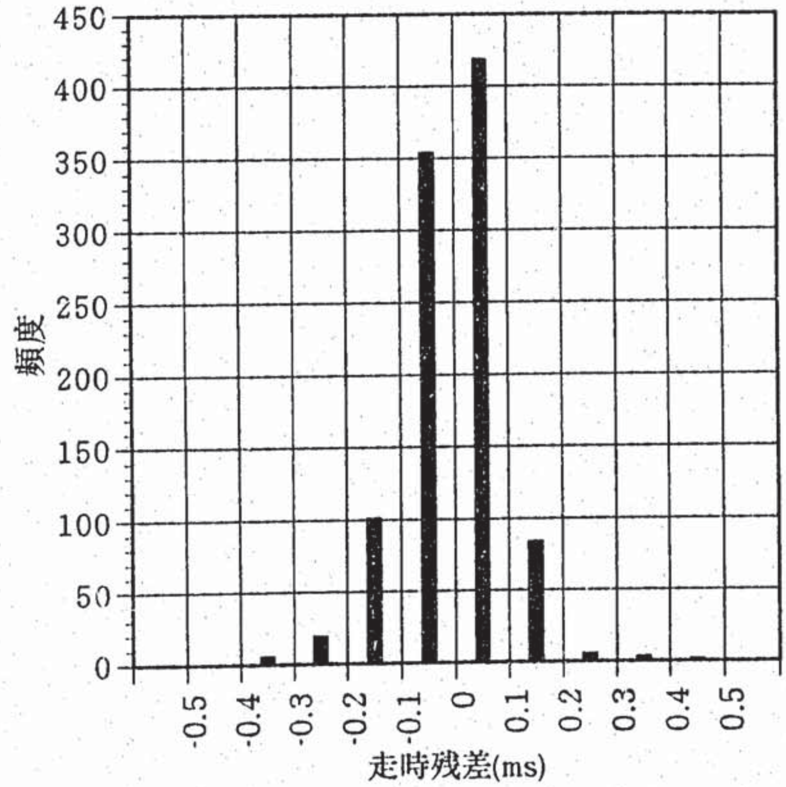


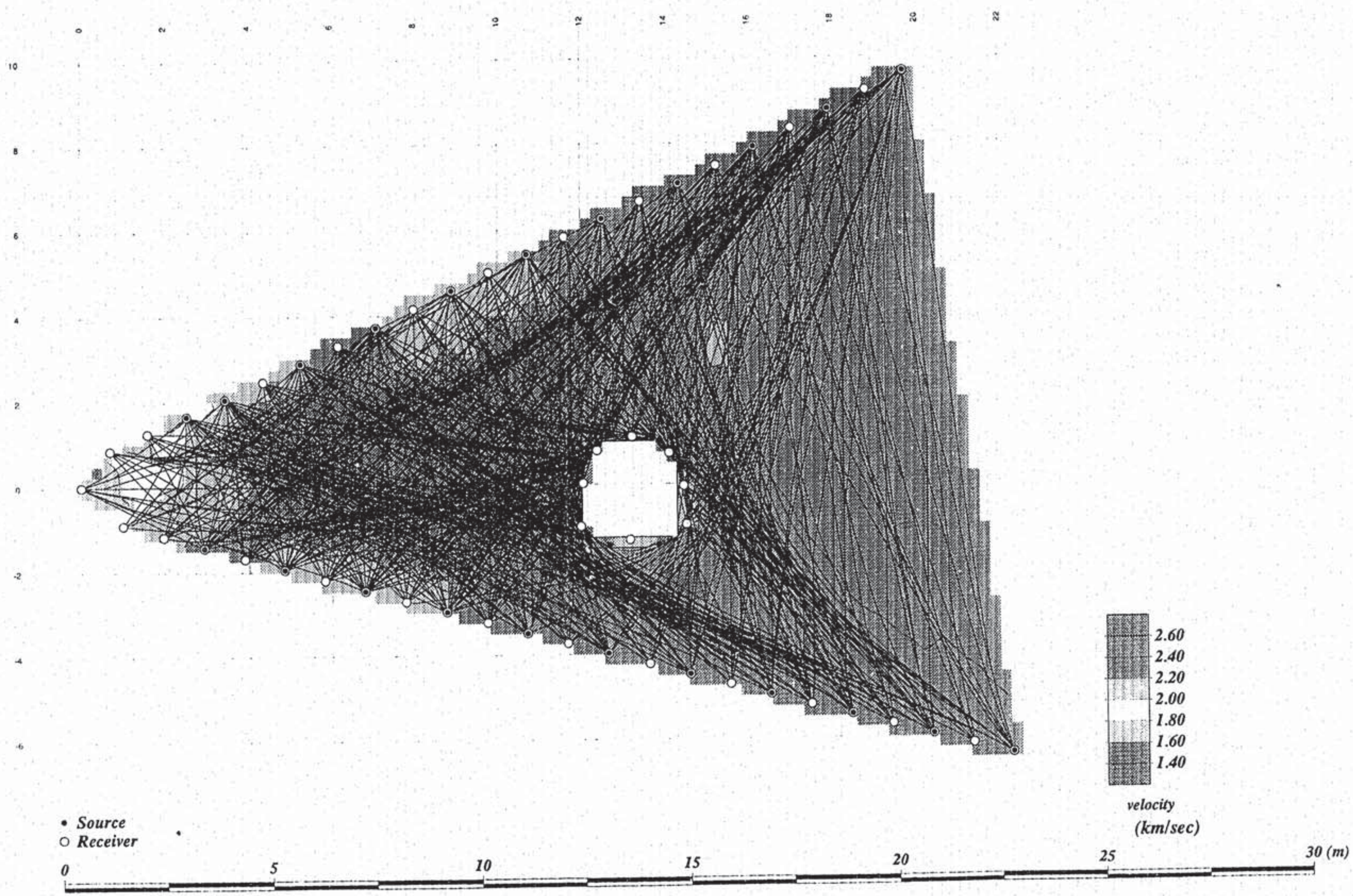
図 5-3　走時残差の頻度分布図

つぎに、波線の分布状況について述べる。弾性波トモグラフィーの解析では、各セルの速度を修正する際に、そのセルを通過する波線の長さを利用する。通過する波線が複数であれば、それらを平均する。そのため、個々のデータに含まれる誤差（真の値に対するばらつき）の影響が少なくなる。したがって、波線密度（一定範囲を通過する波線の数）が大きいほど解析結果の信頼性が高くなる。

また、ある1本の波線に着目した場合、波線沿いの速度分布がどうであれ、起振点～受振点間の平均速度が同じであれば、走時も同じである。例えば、起振点～受振点距離 10m のある区間において、延 9m 区間が 2.0km/sec で中間に 1.0km/sec の低速度層が 1m 区間だけ挟まれているとする。この場合、低速度層が 10m 区間のどの位置にあっても、平均速度は 1.9km/sec であり、走時も一定である。もし、今着目している波線に直交する波線が複数あって、ある区間のものだけが低い速度値を示せば、その付近に低速度層が分布していると推定することができる。すなわち、弾性波トモグラフィーの解析では、あるセルに対して様々な方向の波線が通過している方が、速度の決定精度が高くなる。

図 5-4 には、4. で得られた速度分布に対して、理論走時計算を行った際の波線経路を示す。波線分布は、計測抗道側および試験抗道周辺で大きくなっている。特に、試験抗道より左側の領域は、比較的狭い範囲をボーリング孔と試験抗道で囲むような測定点配置となっているため、波線密度が大きく、波線方向も様々である。一方、試験抗道の右半分では波線密度も小さく、方向も縦方向のものが卓越している。このことから、解析領域のうち試験抗道周辺および左半分の方が速度の決定精度が比較的高いといえる。

また、データを省いた踏前付近に関しても、抗道付近の他の部分に比べればやや劣るものの、全体的に見て、波線密度および波線方向のばらつきとも十分である。



PNC TOMOGRAPHY

図 5-4　理論走時計算結果（波線分布状況）

図 5-4　理論走時計算結果
（波線分布状況）

6. まとめ

今回、機械掘削直後の坑道周辺の岩盤を対象として、弾性波トモグラフィー調査を実施した。

本調査で得られた結果は、おもに、掘削前に実施された弾性波トモグラフィー調査の解析結果と比較するための資料となる。そこで、起振点・受振点配置は試験坑道の坑壁を除いて、事前調査と同一とした。また、起振には電気雷管を使用し、おおむね良好な波形データを取得することができた。

解析に際しては、掘削影響範囲の大きさと解析精度を考慮して、解析領域を 50cm 四方のセルに分割した。また、セルの分割位置を 25cm ずらした２つのケースで解析を行い、それらを重ね合わせたものを最終結果とした。

解析された速度分布の概要は、以下のようなものである。

(1) 解析領域の速度値はおおむね 2.0～2.6km/sec である。
(2) 計測抗道付近では、1.6km/sec 近い低速度となっている。
(3) MT-1 孔の深度 8～12m 付近と MT-2 孔の深度 5～9m 付近は、周囲に比べてやや低速度である。
(4) MT-2 孔の深度 11m 以深から試験抗道にかけて、やや高速度の領域が広がっている。
(5) 試験抗道付近の速度値は、抗道の右側および底盤においては周囲に比べて小さな値を示すが、左側および天端においては周囲の速度とほぼ同じである。

２ケースとも、反復計算を 10 回行った段階で収束と判定し、その時点での速度分布モデルをそれぞれのケースの解析結果とした。10 回の計算を終了した時点での走時の RMS 残差は 0.0840～0.0869 と十分小さいものであった。また、走時残差の絶対値は、全データの約 96%が 0.2msec 以下であり、最大でも 0.5msec 以下であった。したがって、今回得られた解析結果の信頼性は十分であると考えられる。

<巻末資料>

1. 現場写真

2. 観測波形記録

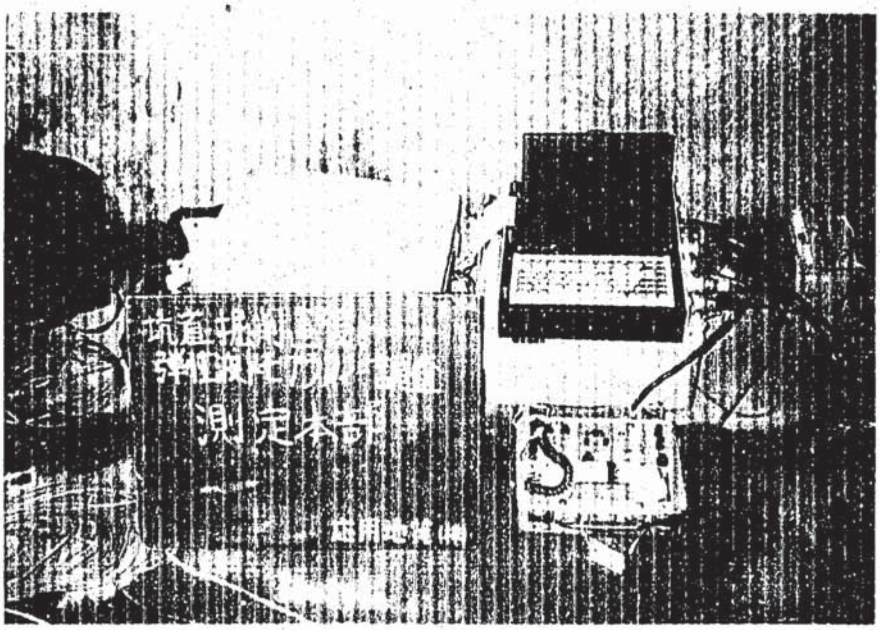
3. 初動走時読み取り値一覧表

4. 弾性波トモグラフィーの解析方法

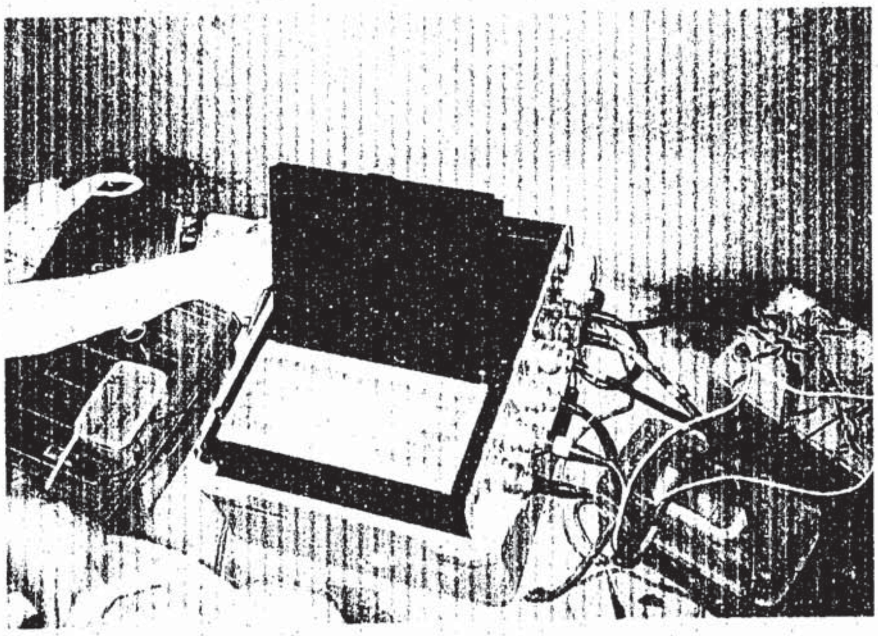
5. 波形データフロッピーディスクについて

巻末資料　1

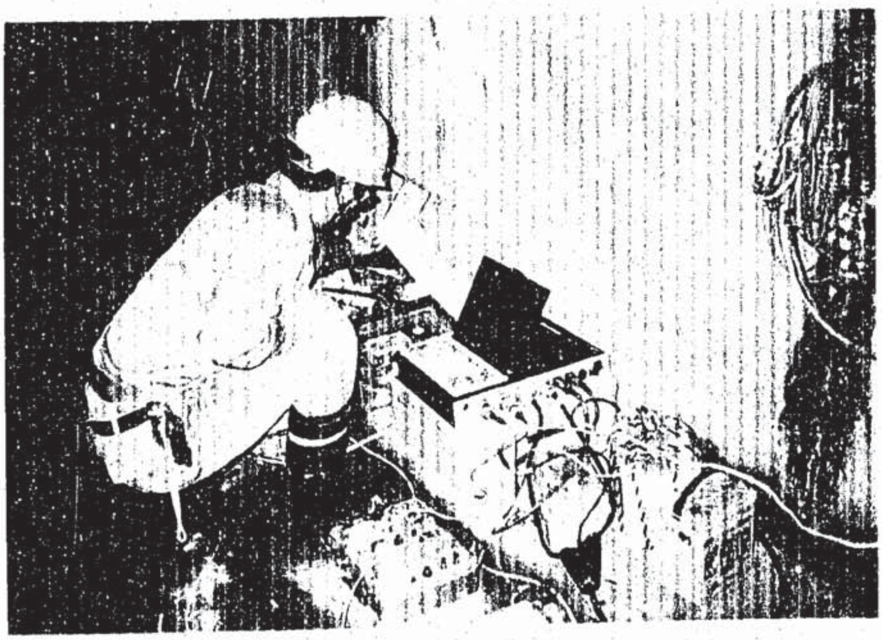
現場写真集



測定本部
ﾃﾞｰﾀ収録装置(上)
発火器 (下)

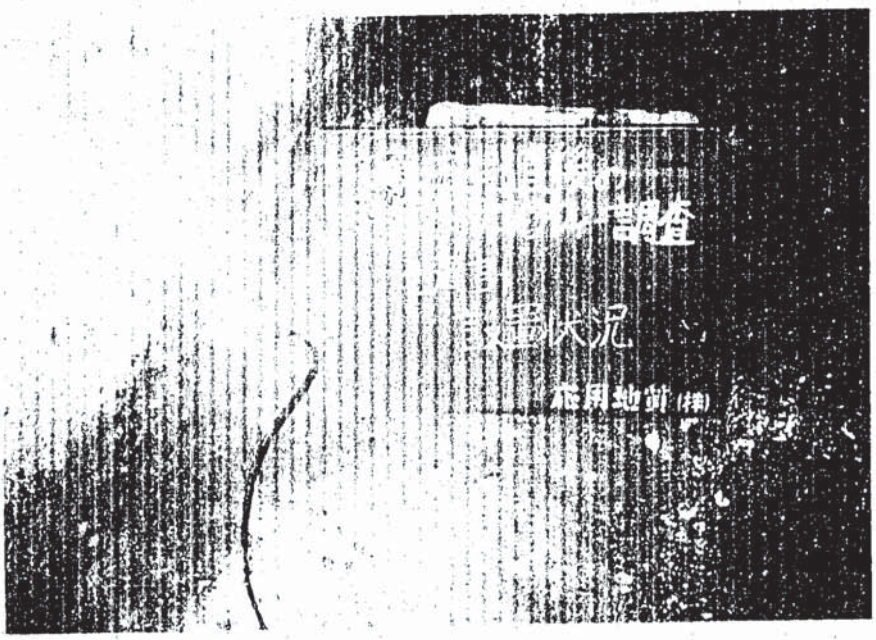


ﾃﾞｰﾀ収録装置
(DAS-1)



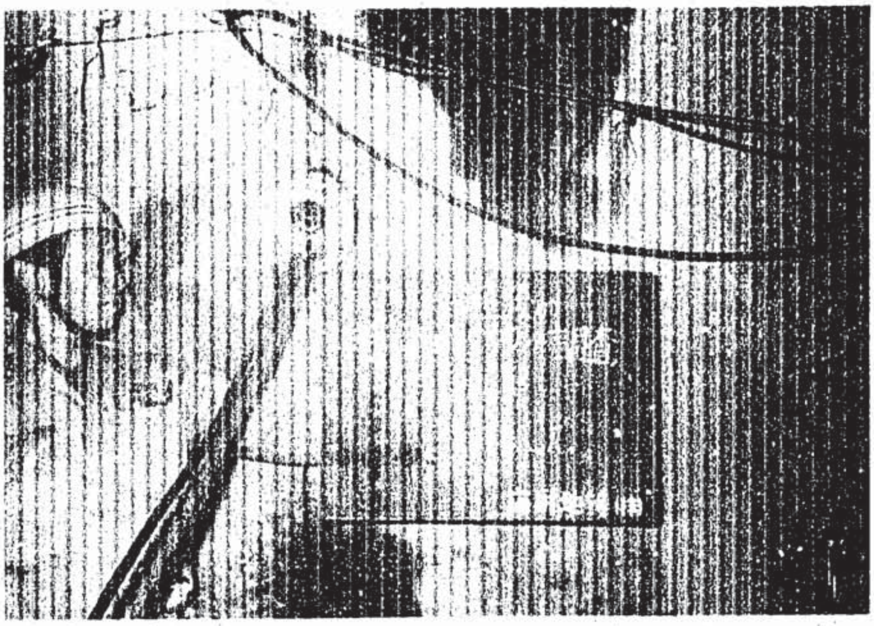
測定状況

ﾊｲﾄﾞﾛﾌｫﾝ
ｹｰﾌﾞﾙ

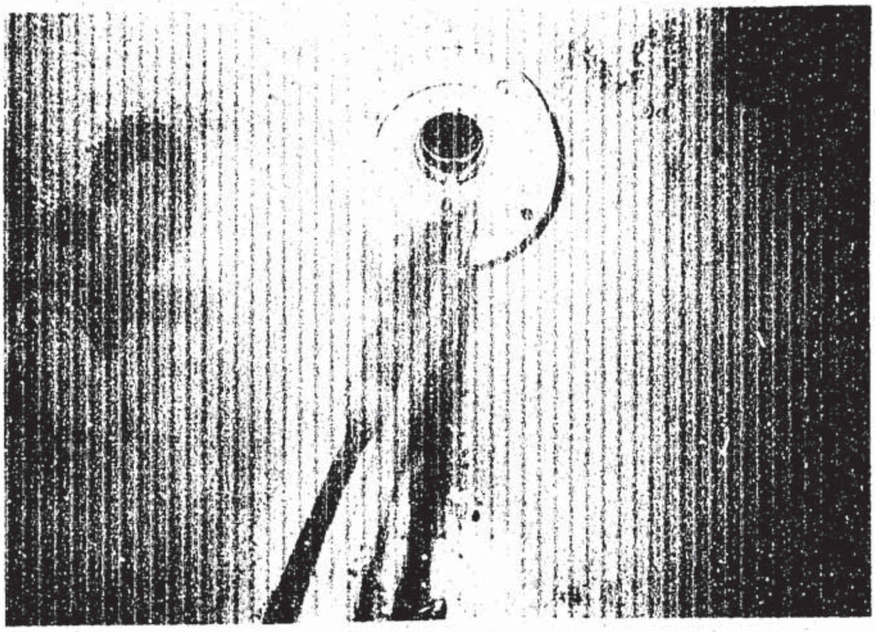


地震計設置状況
(坑壁の受振点)

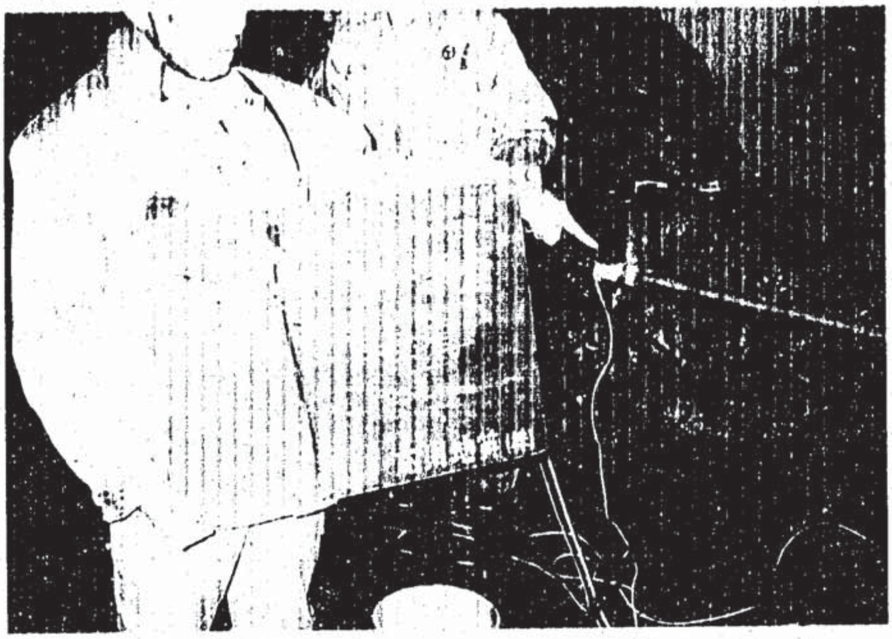
ﾊｲﾄﾞﾛﾌｫﾝ
設置状況



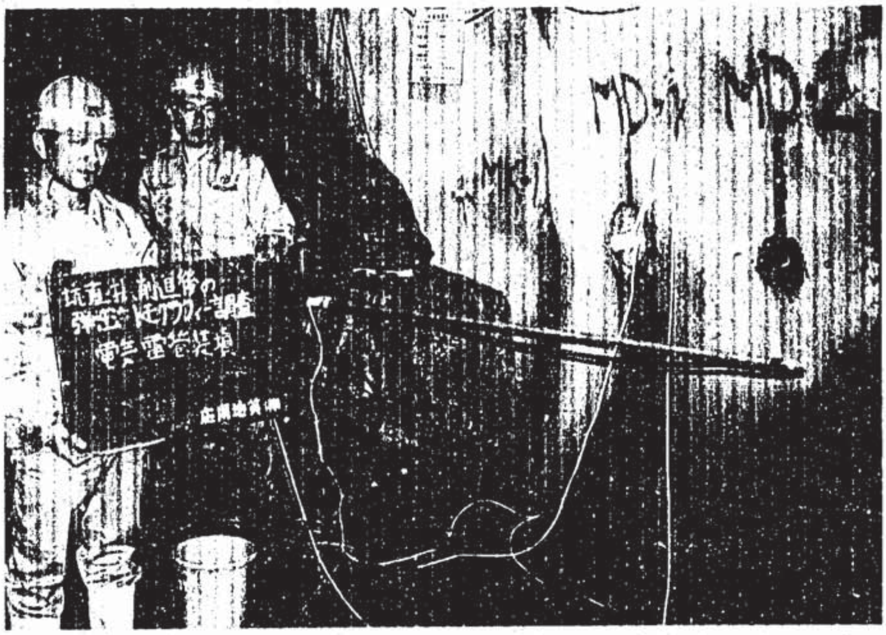
ﾊｲﾄﾞﾛﾌｫﾝ
設置状況



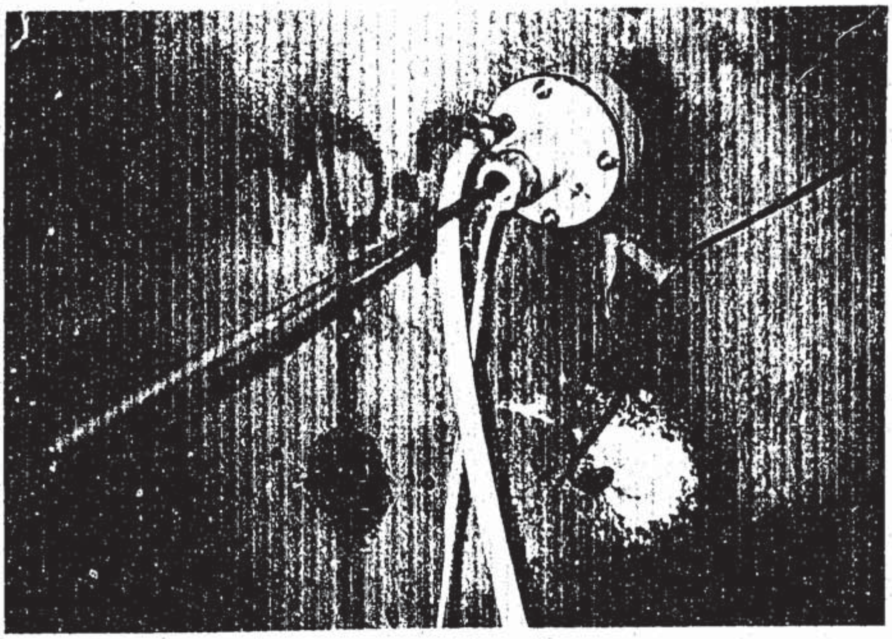
ﾊｲﾄﾞﾛﾌｫﾝ
設置状況



電気雷管装填
（孔内起振）



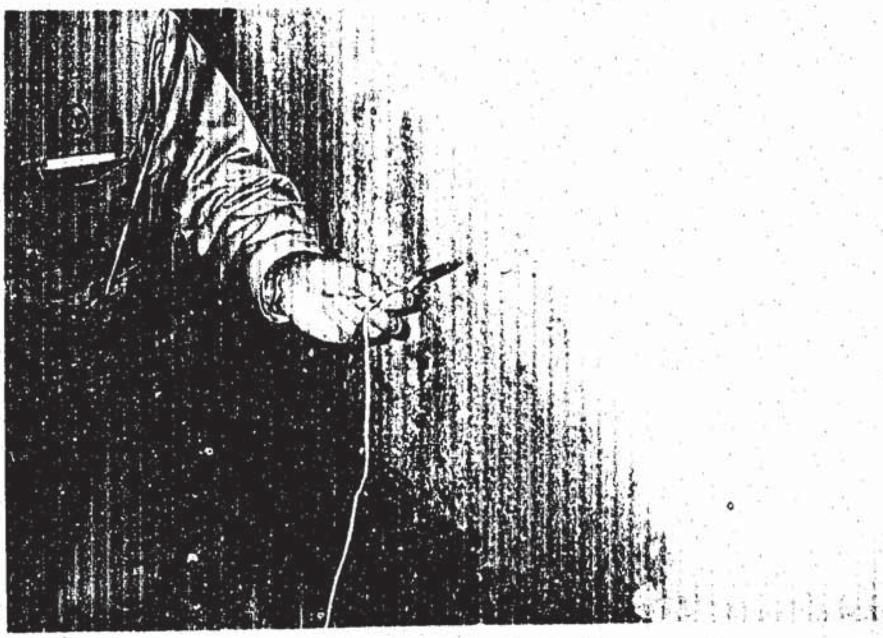
電気雷管装填
（孔内起振）



止水状況
（MT-1 孔）

電気雷管装塡
(坑壁起振)

電気雷管装塡
(孔内起振)



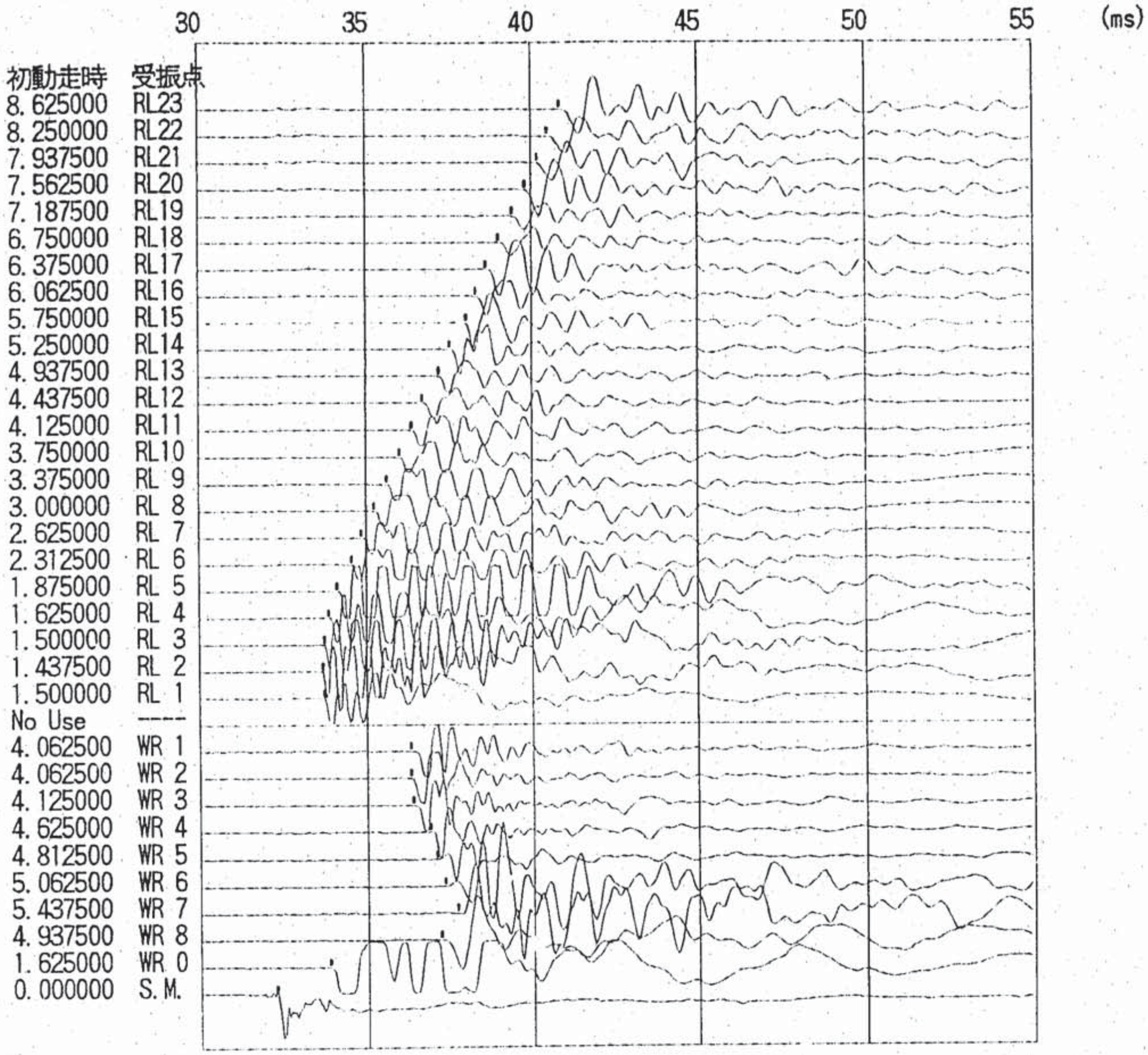
電気雷管装塡
(孔内起振)

観測波形記録

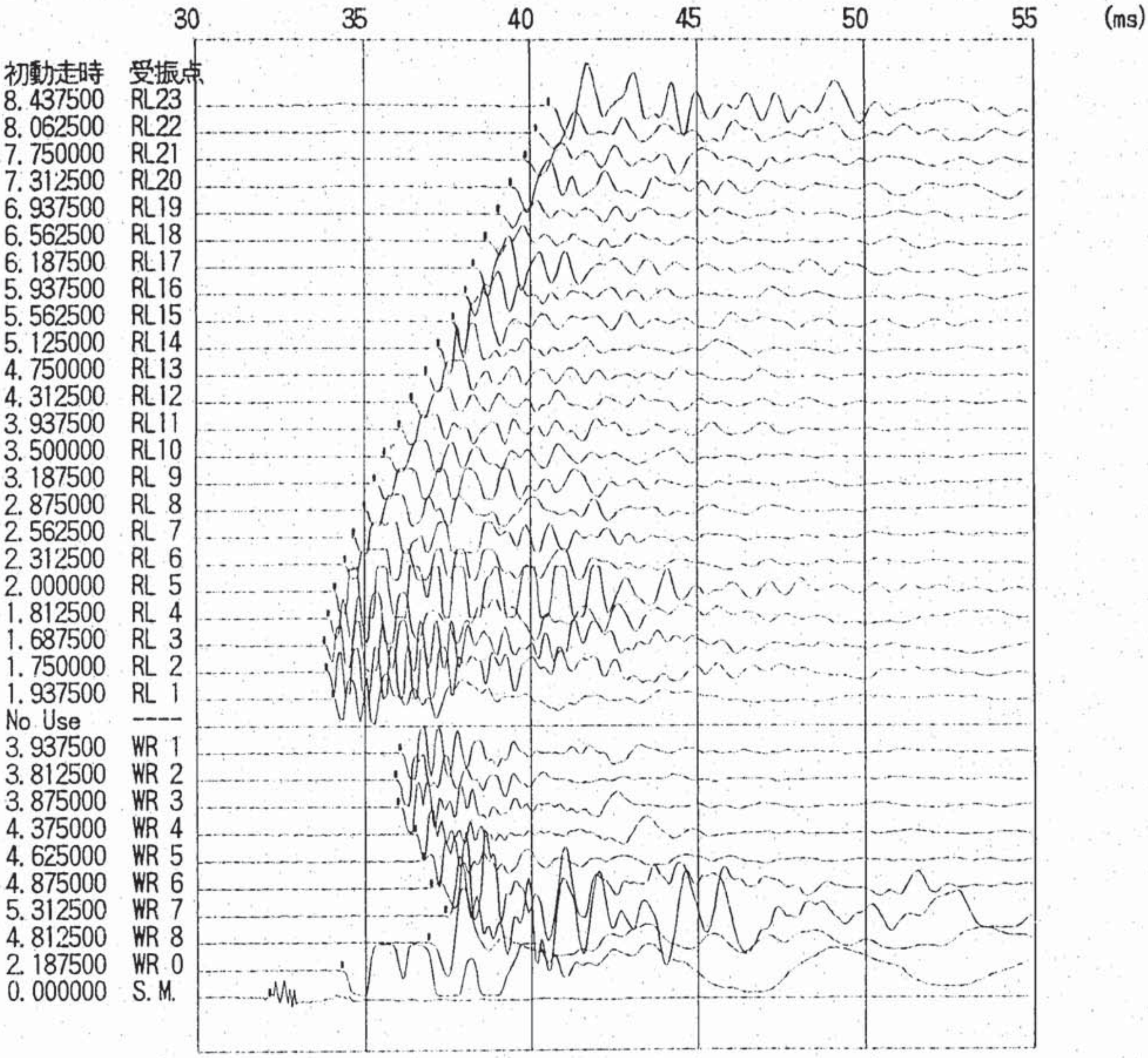
以下に、各起振点ごとの波形記録を示す。これらは、現場で収録されたデータをパーソナルコンピュータに転送し、初動部分が見やすくなるように、若干の処理（主に振幅の調整）を行って出力したものである。図中の一番下の波形は、ショットマーク記録で、この読み取り時刻と各受振点の読み取り時刻の差が走時である。図の左端には、受振点の番号と読み取り値（走時）を記し、波形記録中に読み取り位置をマークした。

実際の読み取り作業は、ワークステーションの画面上に波形記録を表示し振幅などを適宜変更しながら行った。しかし、以下に示す波形記録では、記録を全体的に見易くなるように振幅をやや小さめに調整しているため、見掛け上、初動位置よりも前にマークされているように見えるものもある。

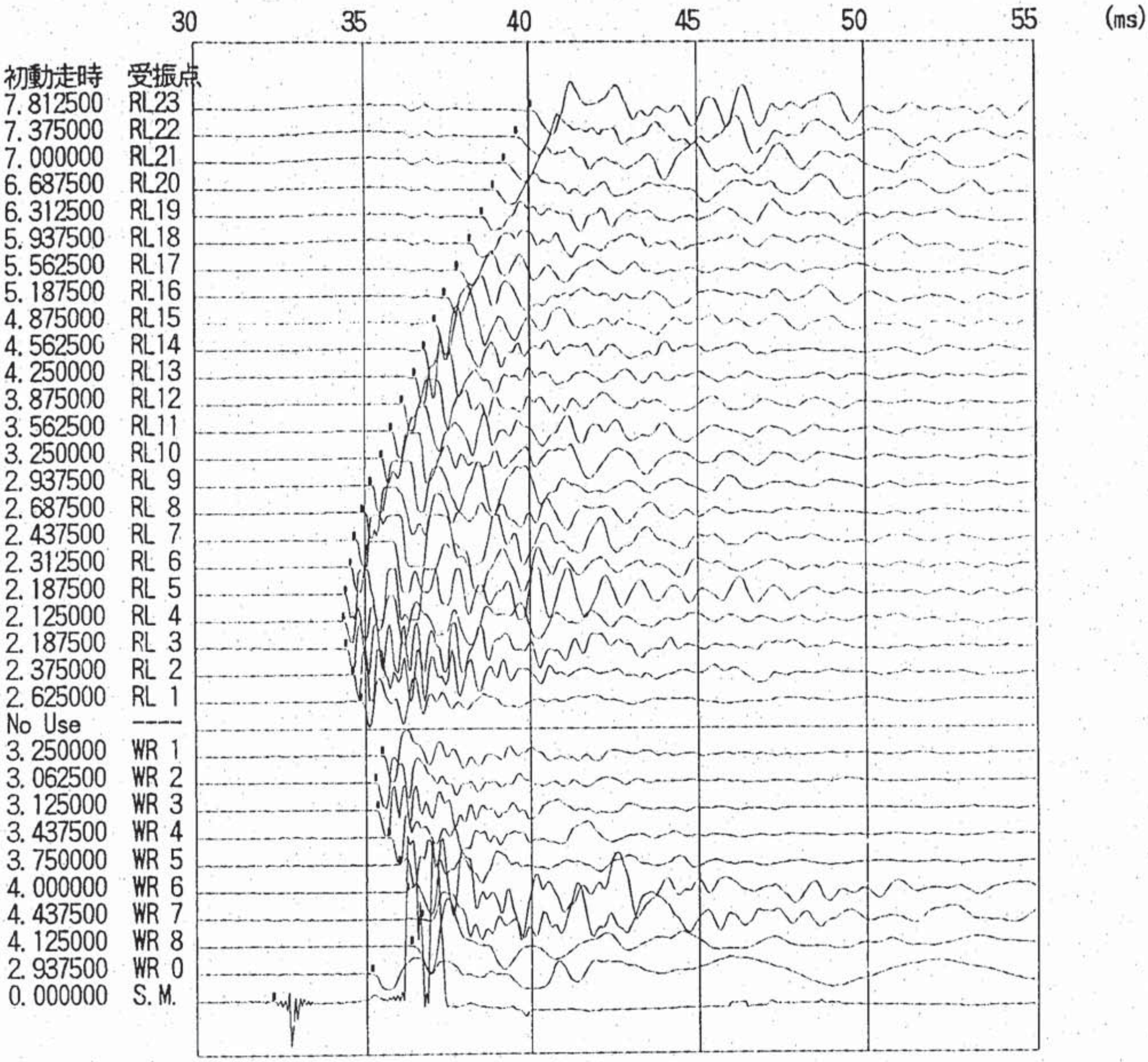
また、ショットマークと同じ時刻に複数のチャンネルに同様の波形が記録されているものがあるが、これらは、ショットマークのカップリングである。カップリングは初動より前にあるため、初動の読み取りには影響しない。また、カップリングの影響で、波形全体がシフトしたり、長周期の波形が記録されているものもあるが、これらも初動の読み取りを行う上では、特に問題はない。



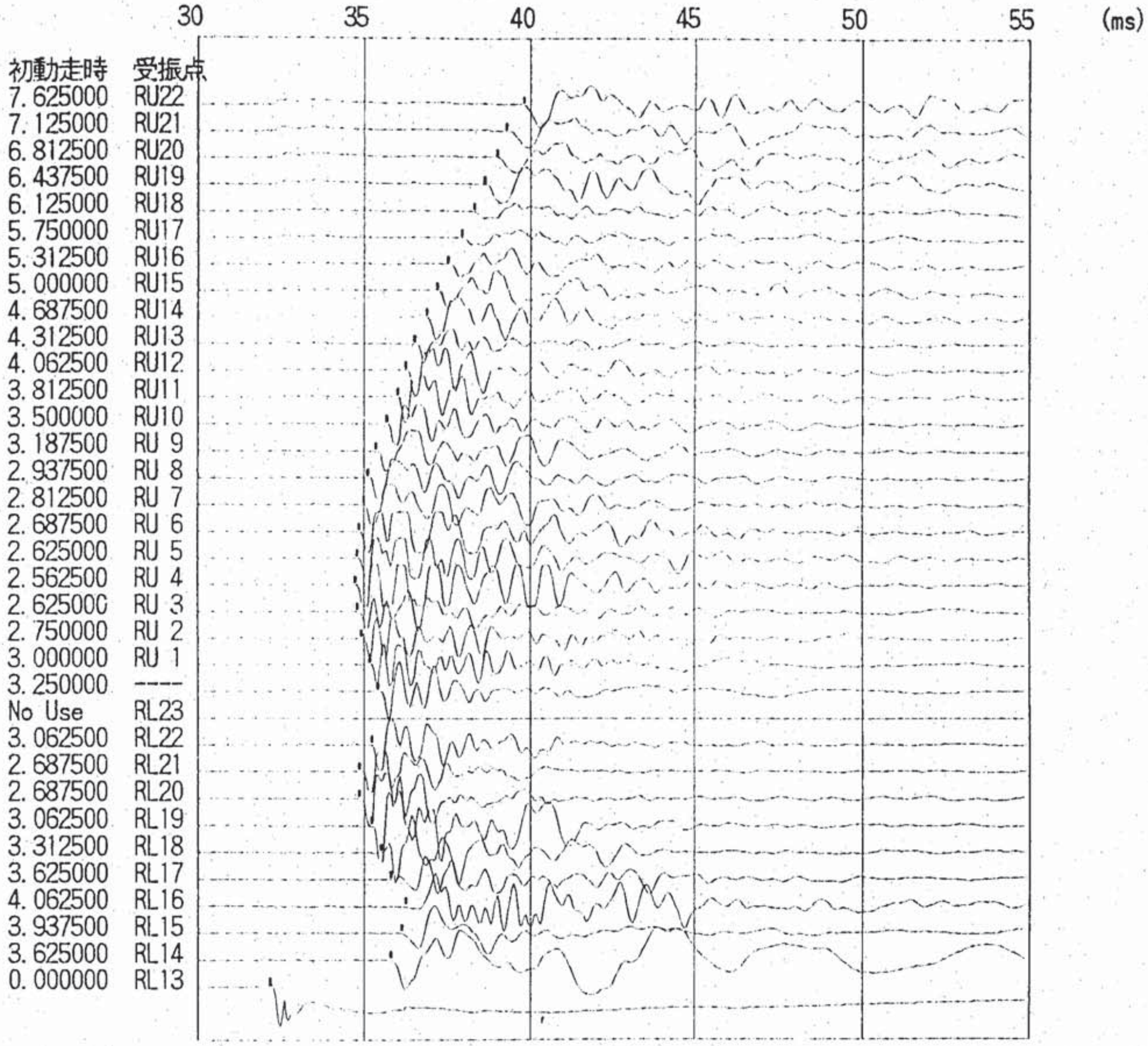
観測波形記録（1）
（起振点＝ＳＵ3）



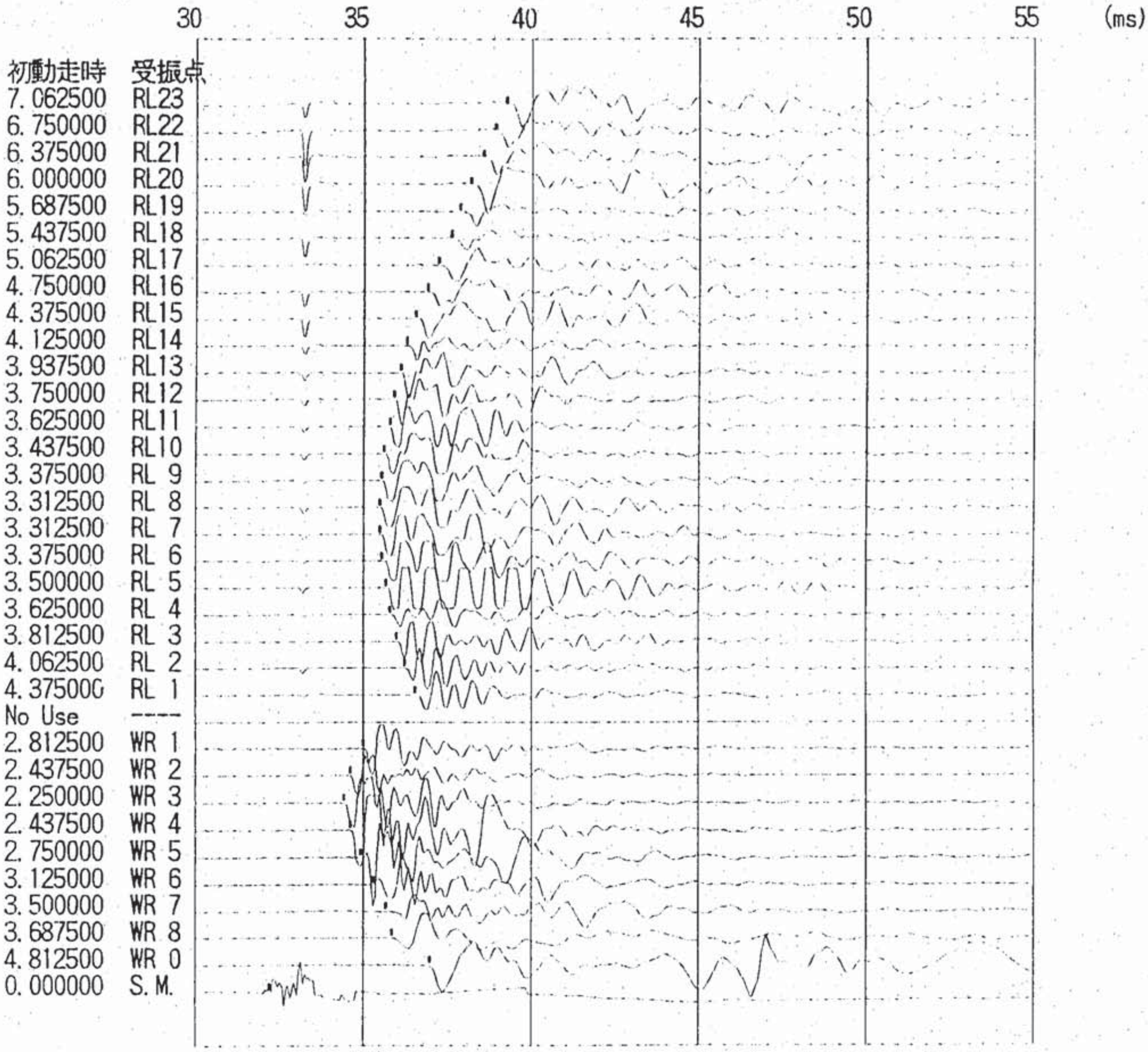
観測波形記録（2）
（起振点＝ＳＵ４）



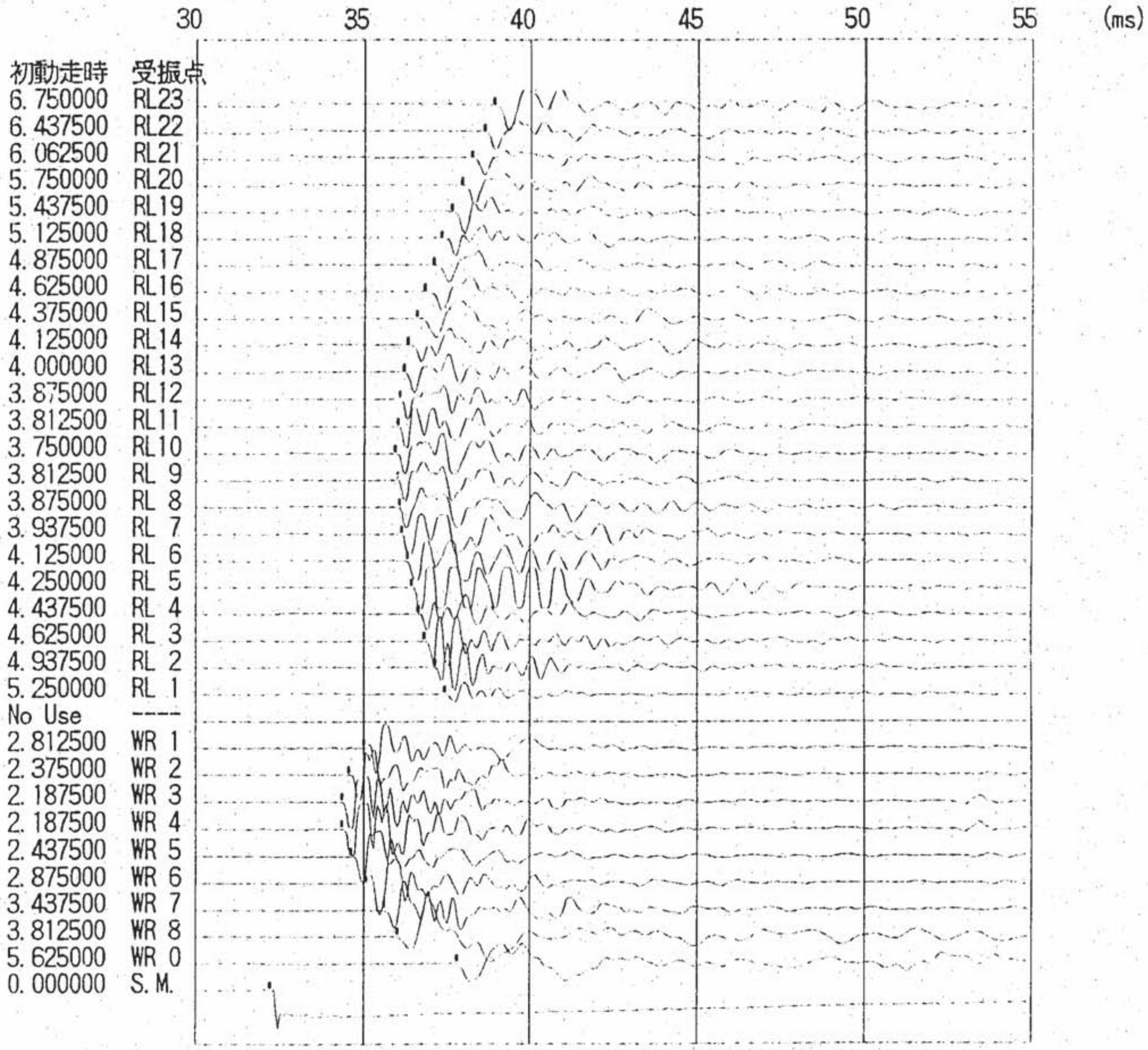
観測波形記録（3）
（起振点＝ＳＵ６）



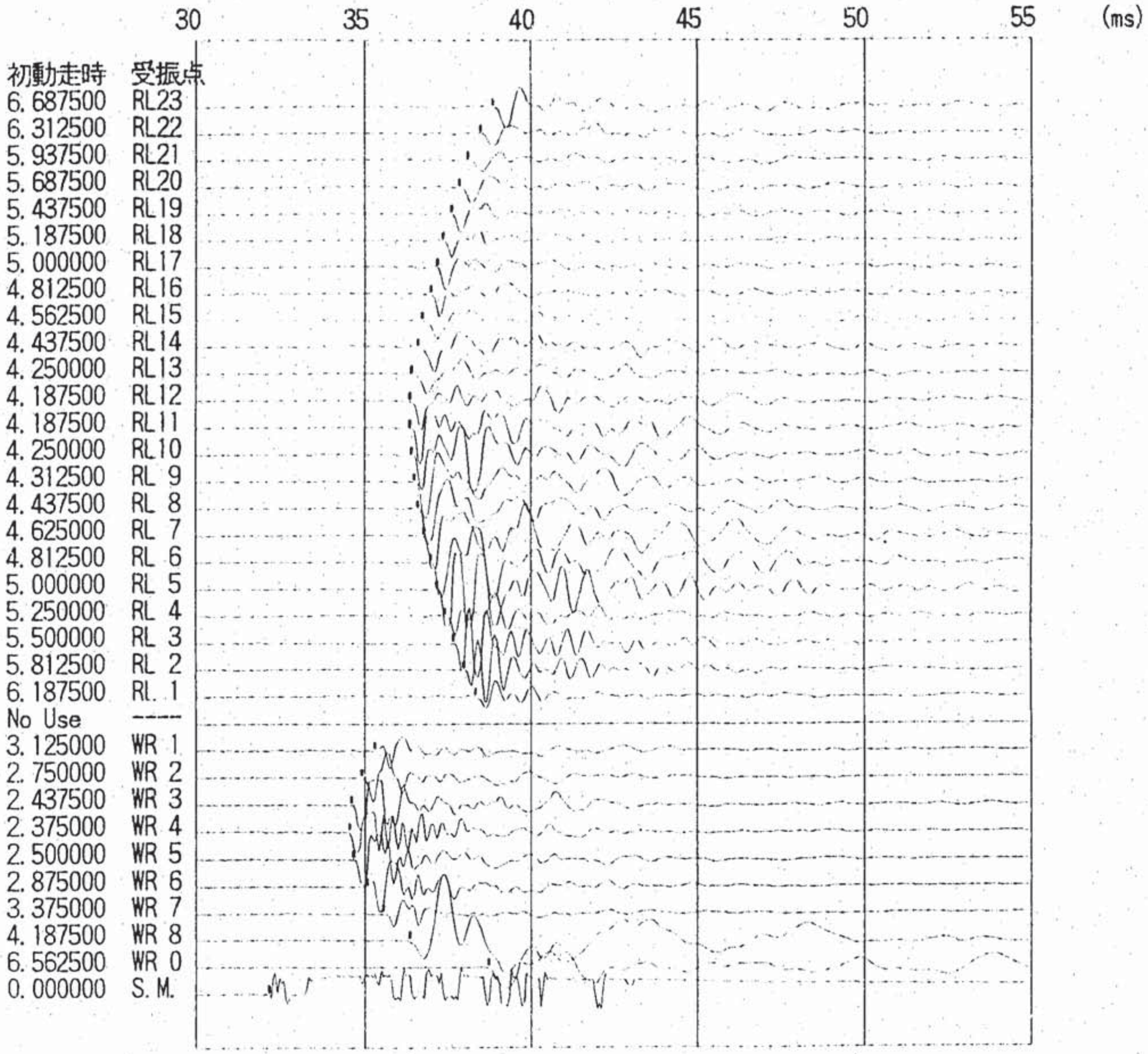
観測波形記録(4)
(起振点＝ＳＵ8)



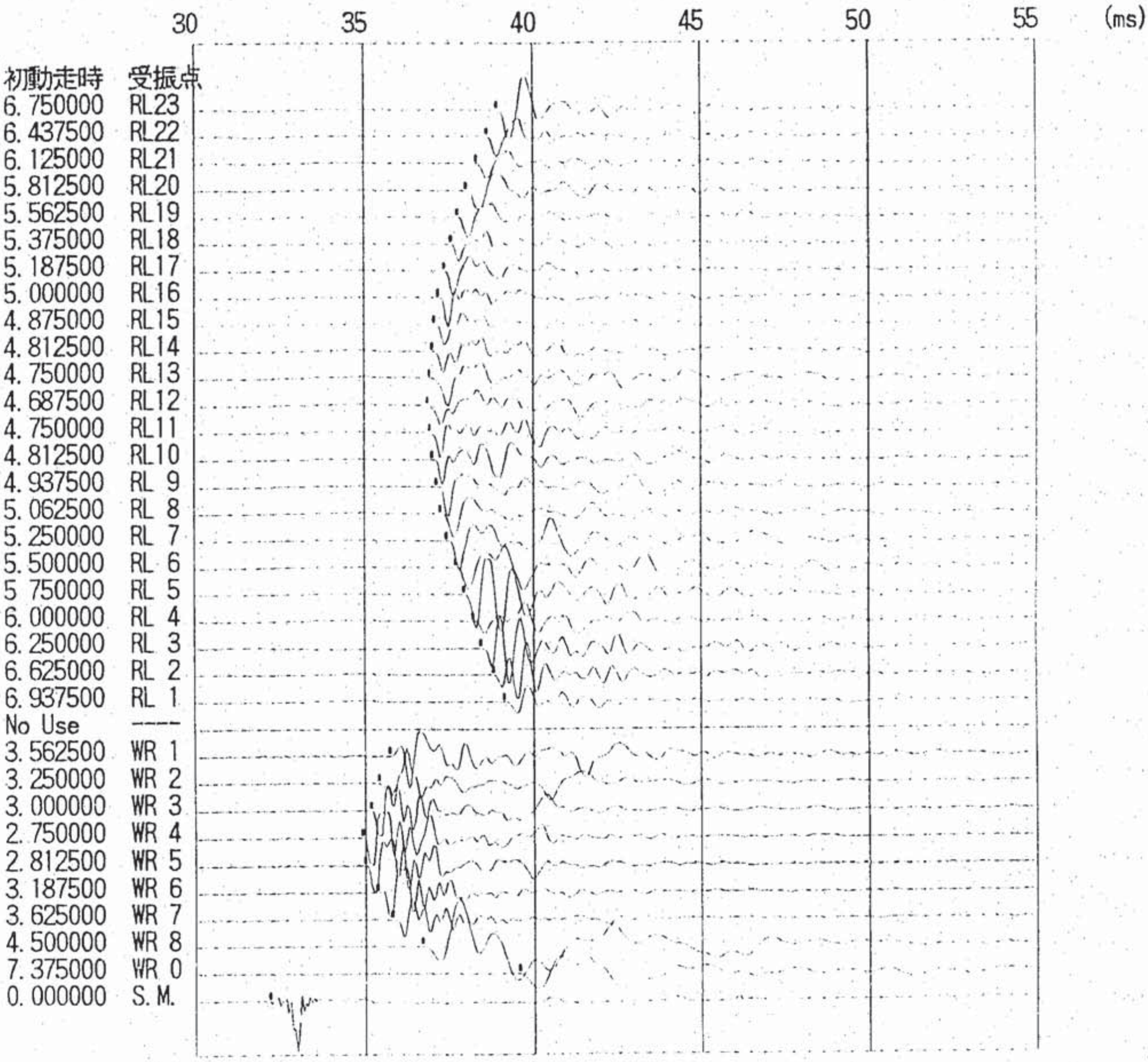
観測波形記録(5)
(起振点＝ＳＵ10)



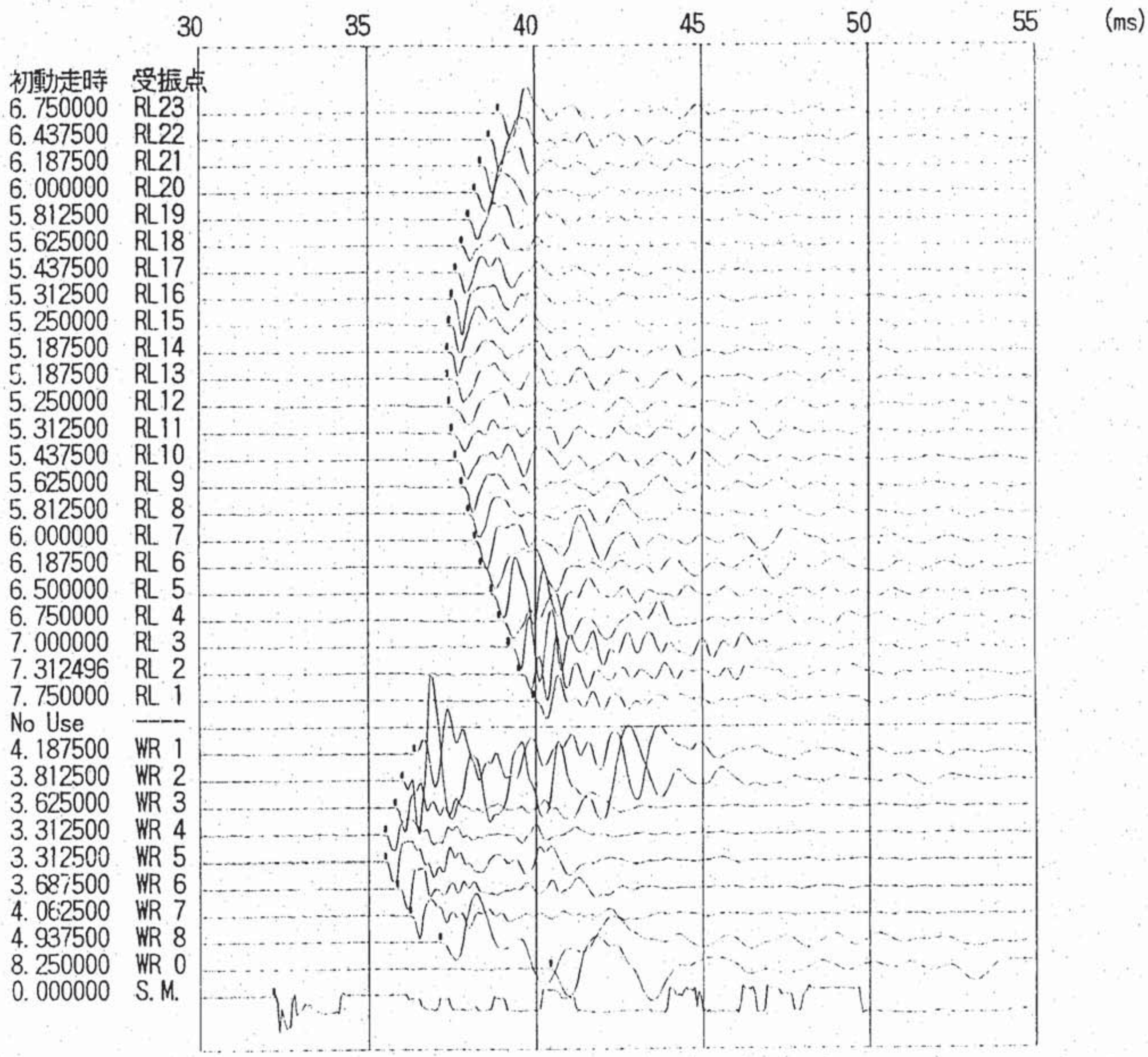
観測波形記録(6)
(起振点＝ＳＵ 12)



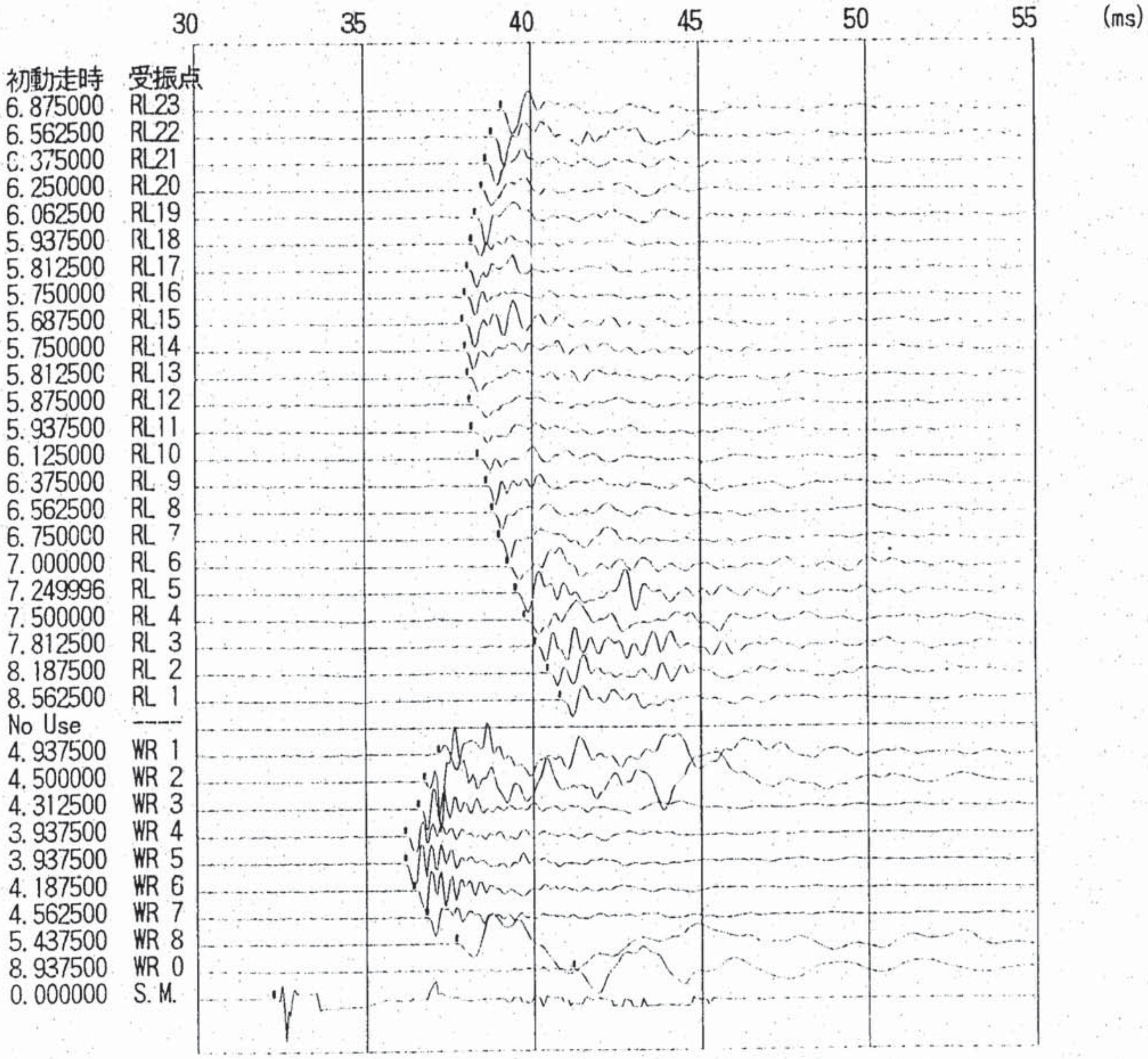
観測波形記録（7）
（起振点＝ＳＵ 14）



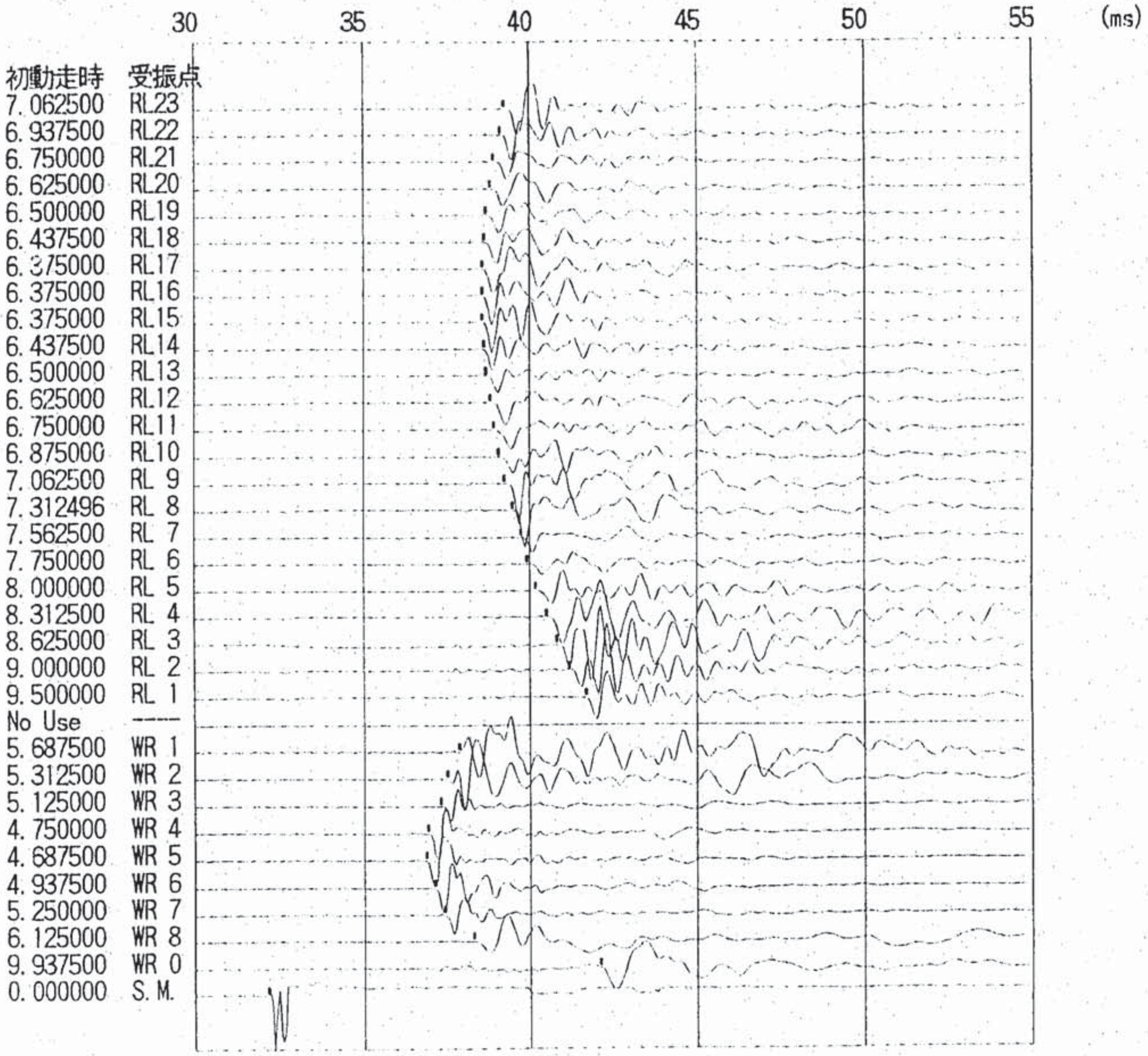
観測波形記録(8)
(起振点＝ＳＵ16)



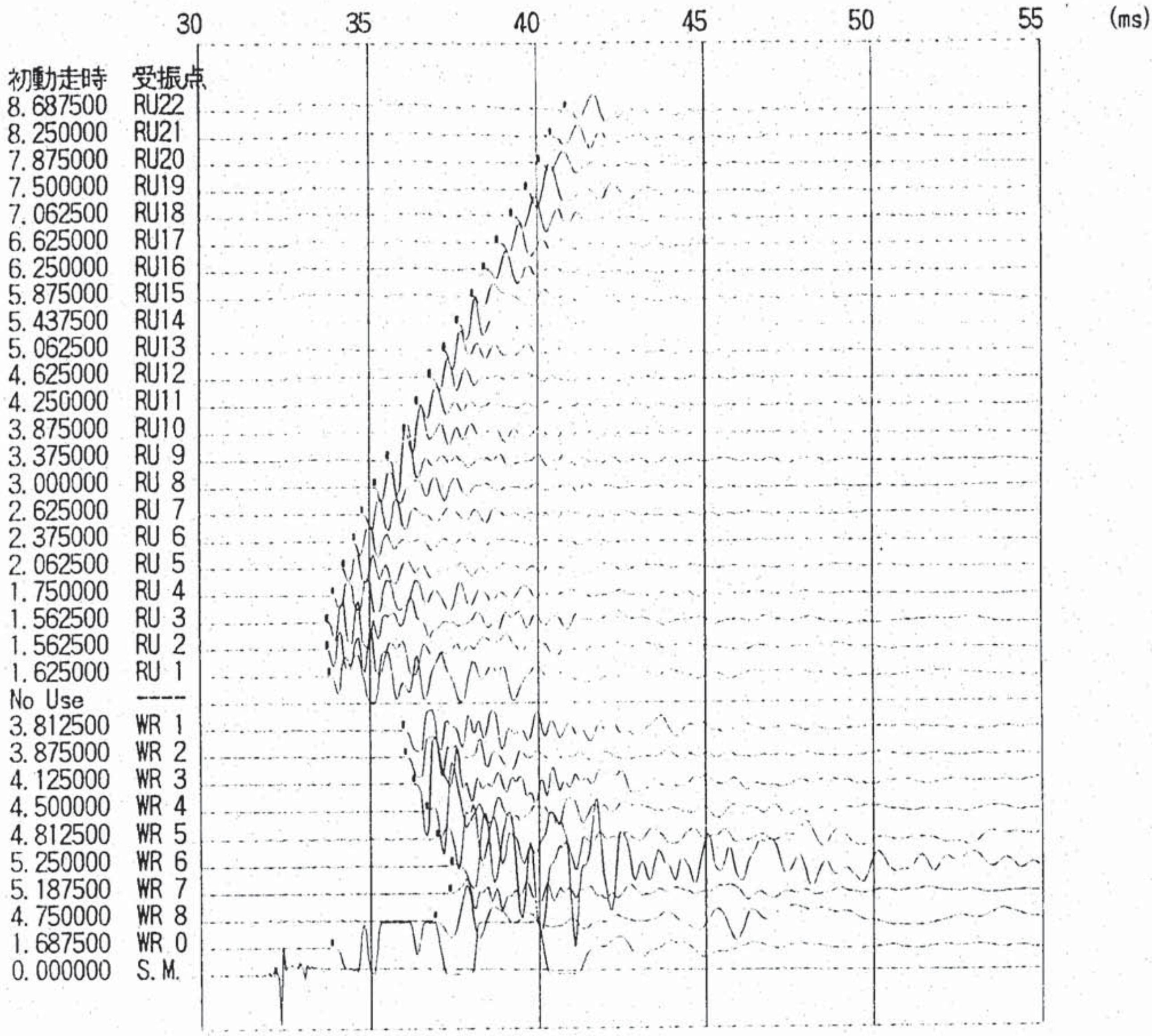
観測波形記録(9)
(起振点＝SU 18)



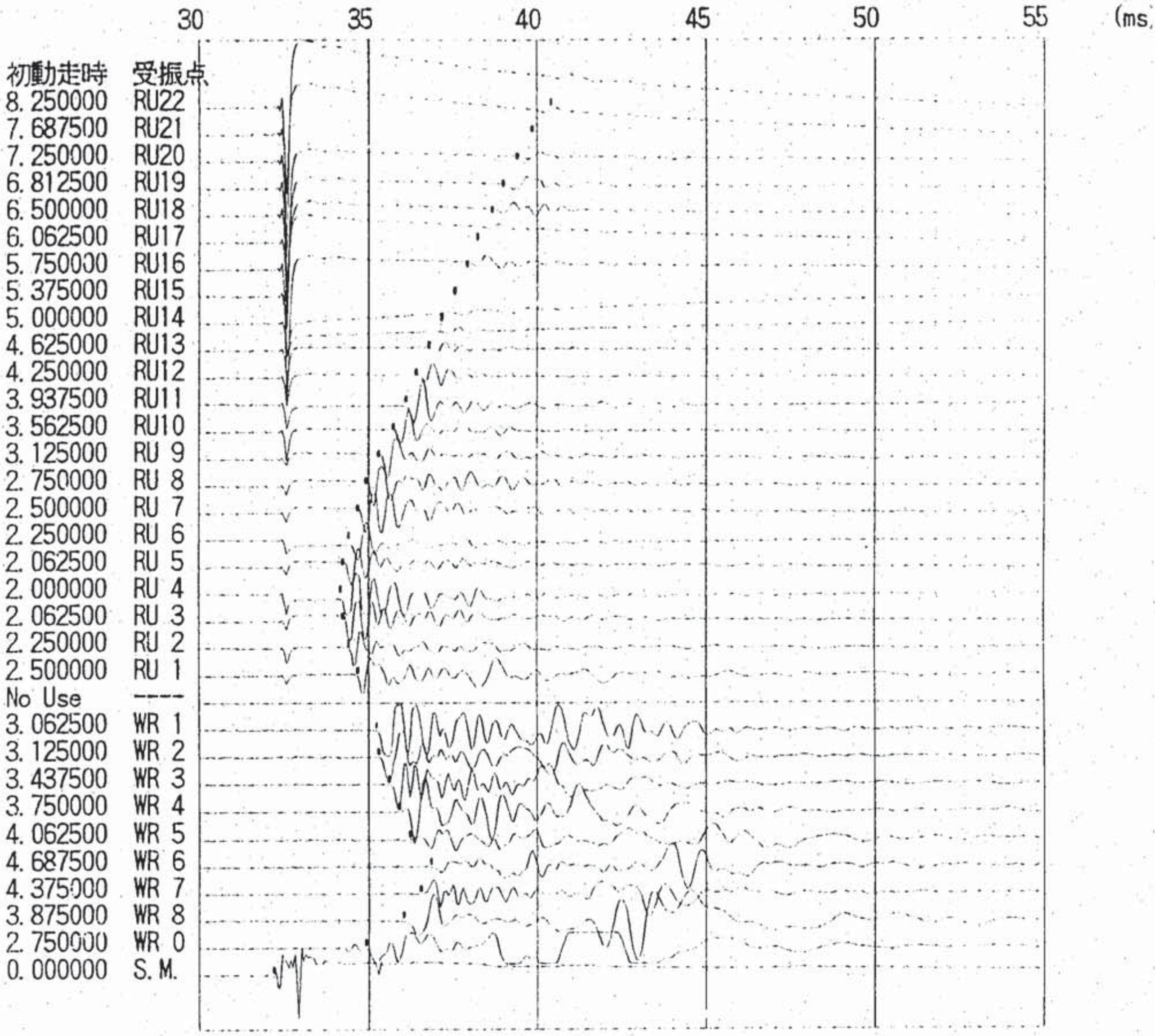
観測波形記録(10)
(起振点＝ＳＵ 20)



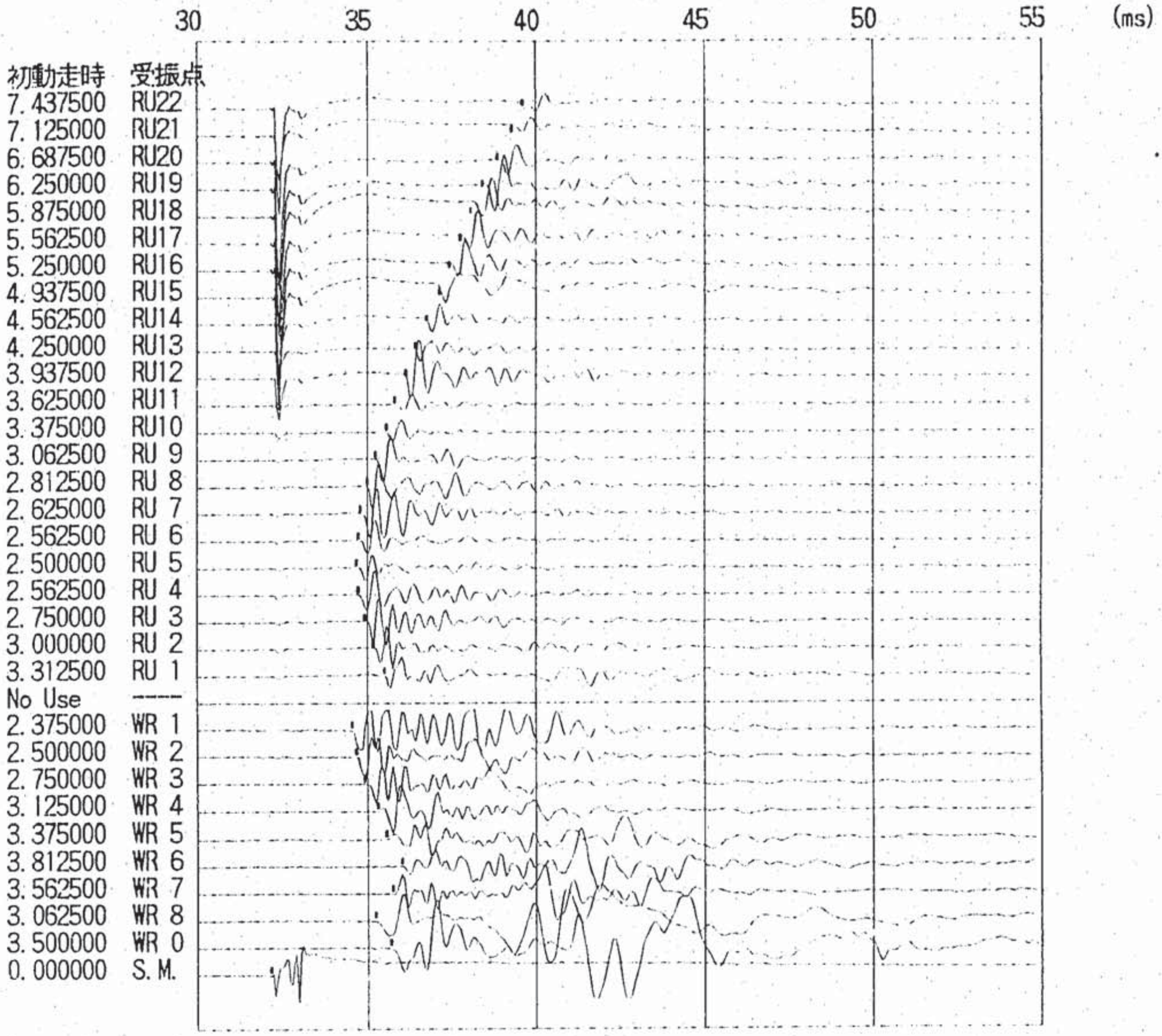
観測波形記録(11)
(起振点＝ＳＵ 22)



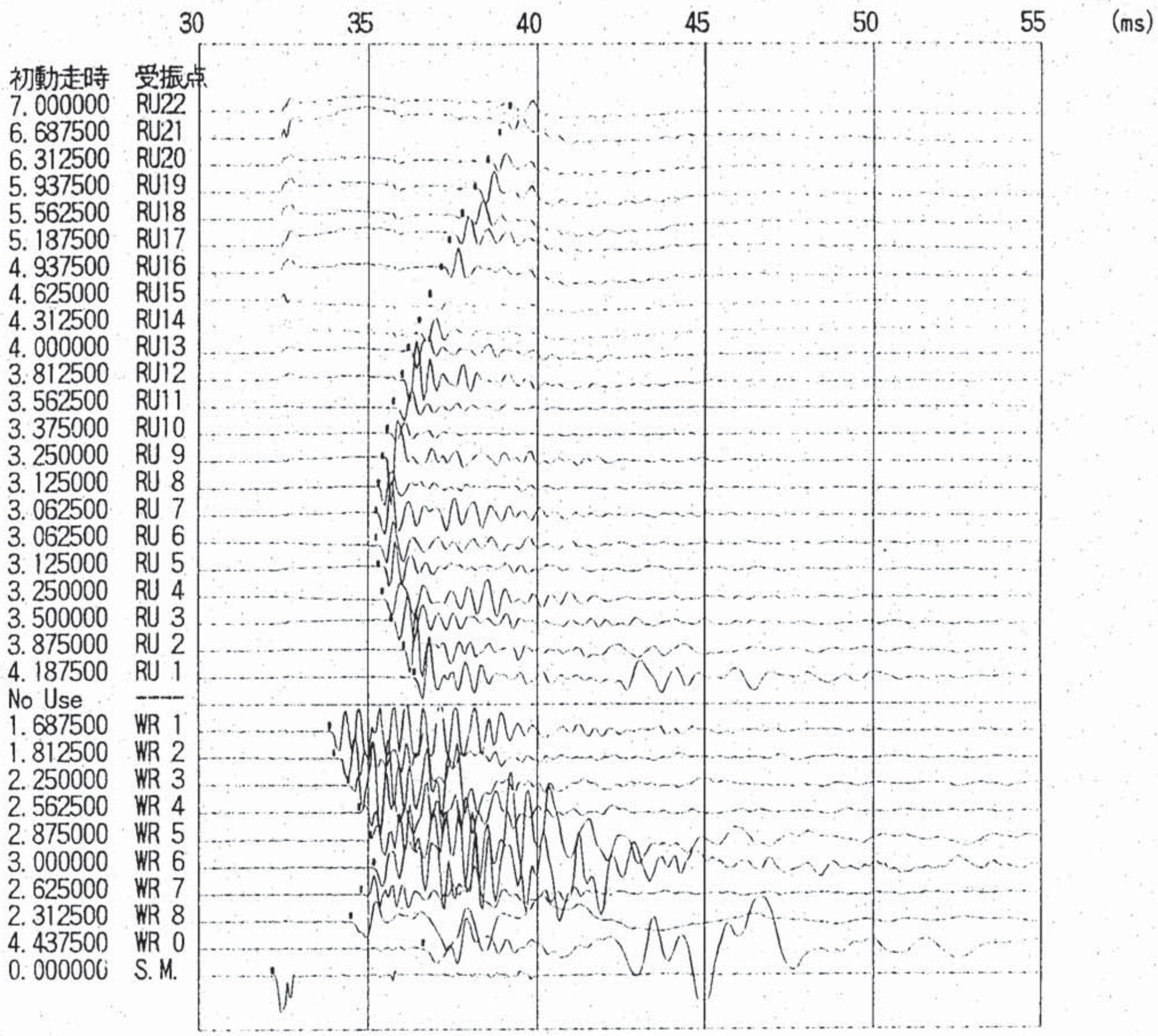
観測波形記録(12)
(起振点＝ＳＬ３)



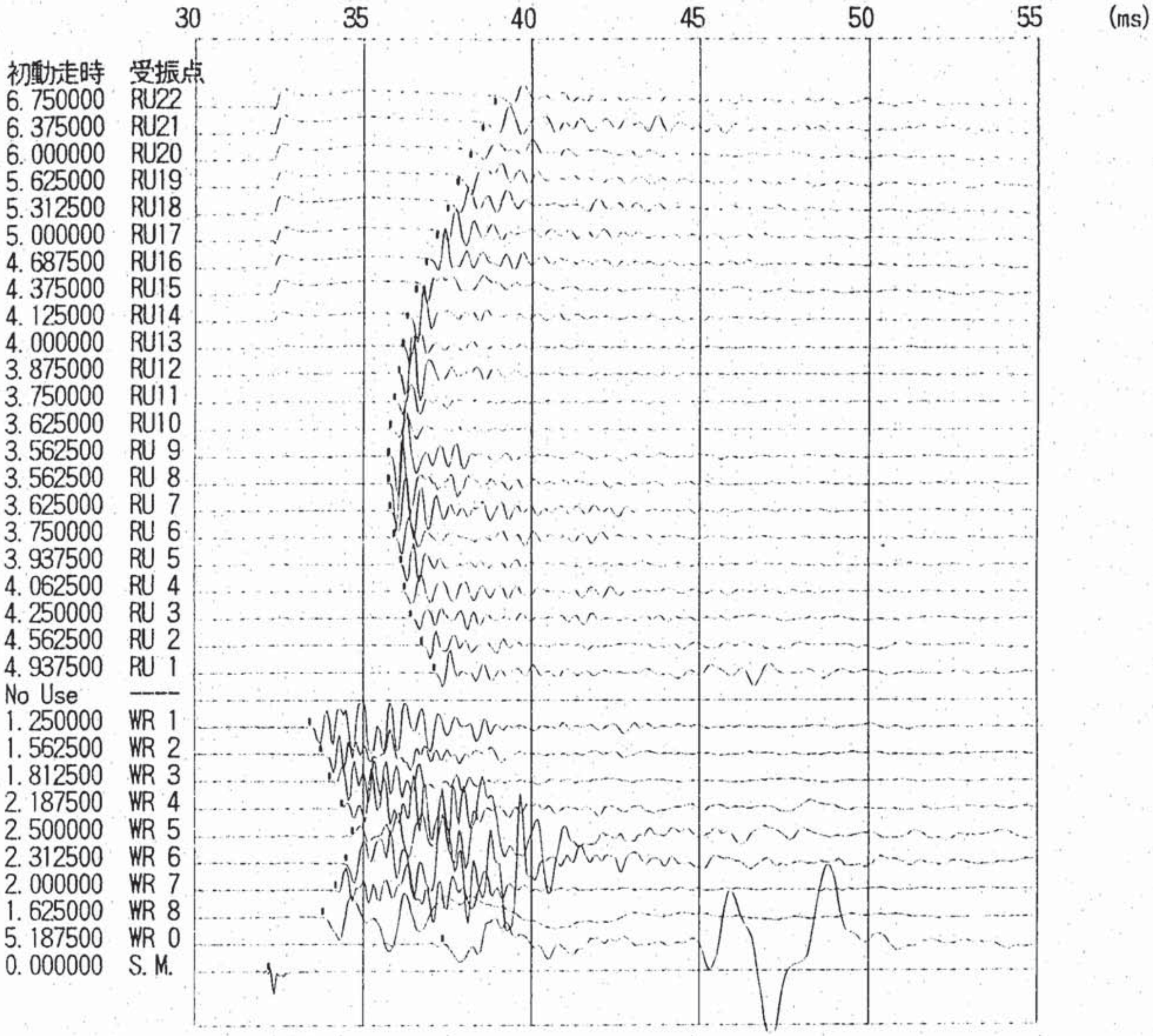
観測波形記録(13)
(起振点＝ＳＬ５)



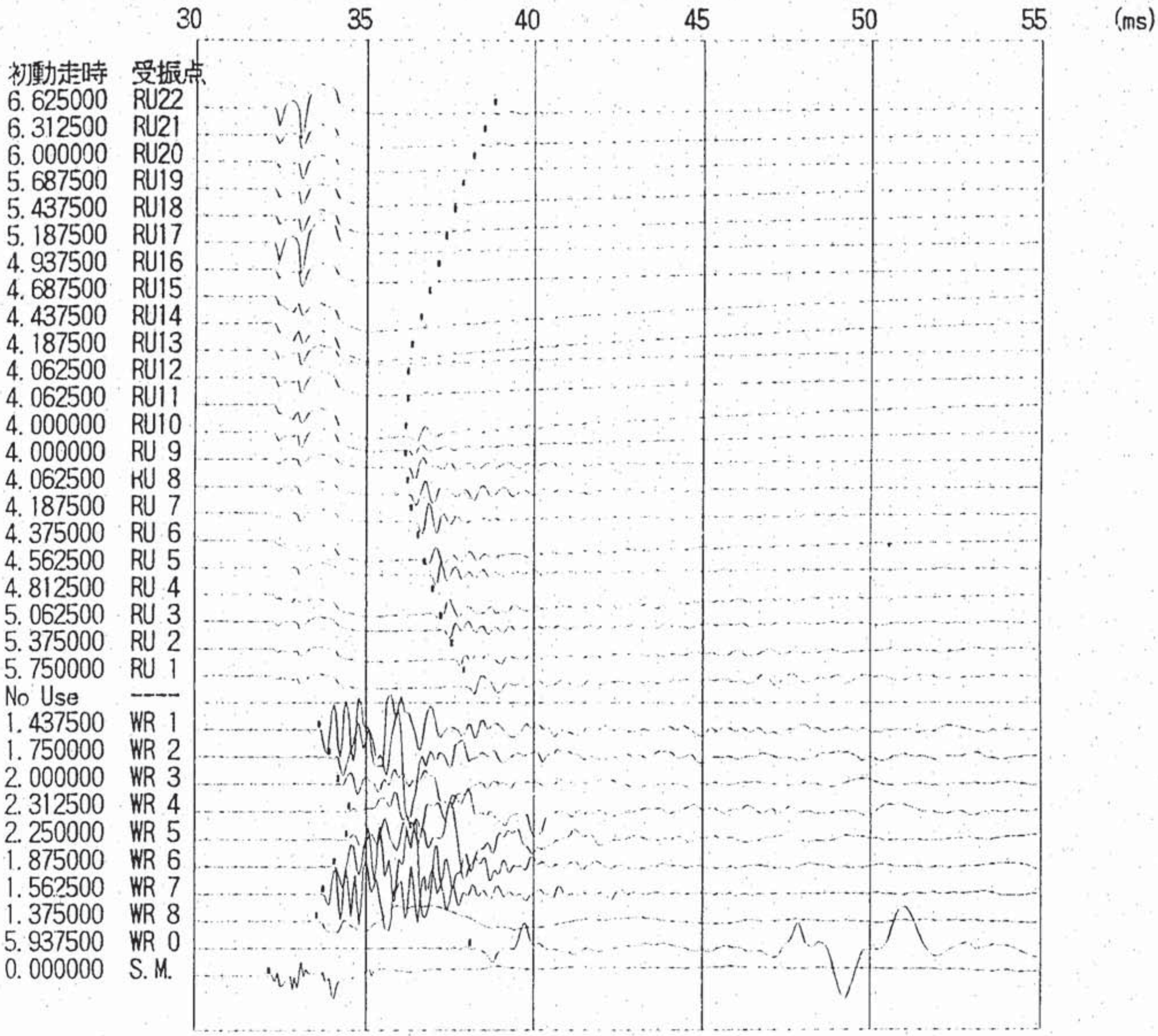
観測波形記録(14)
(起振点＝ＳＬ７)



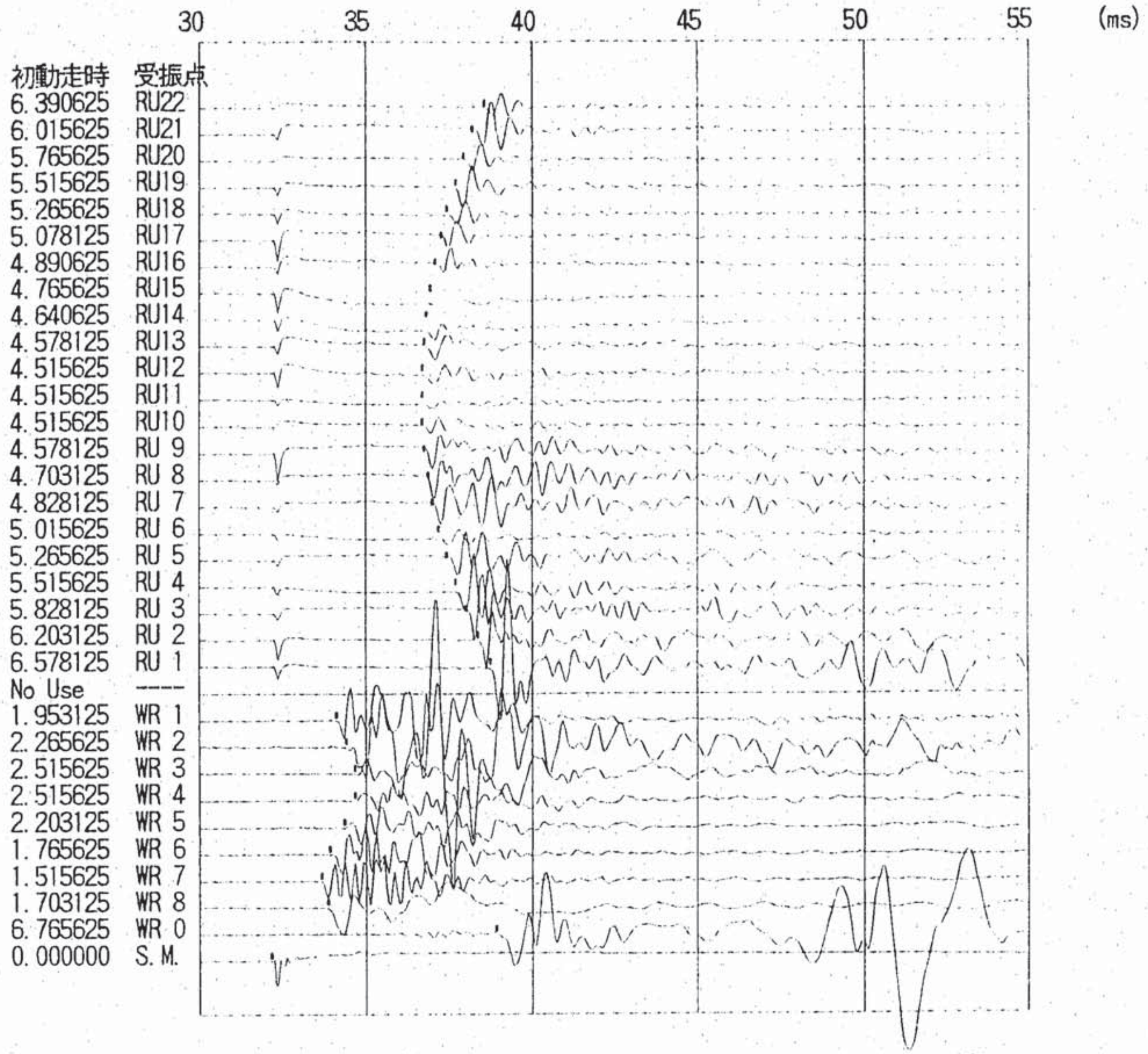
観測波形記録(15)
(起振点＝ＳＬ９)



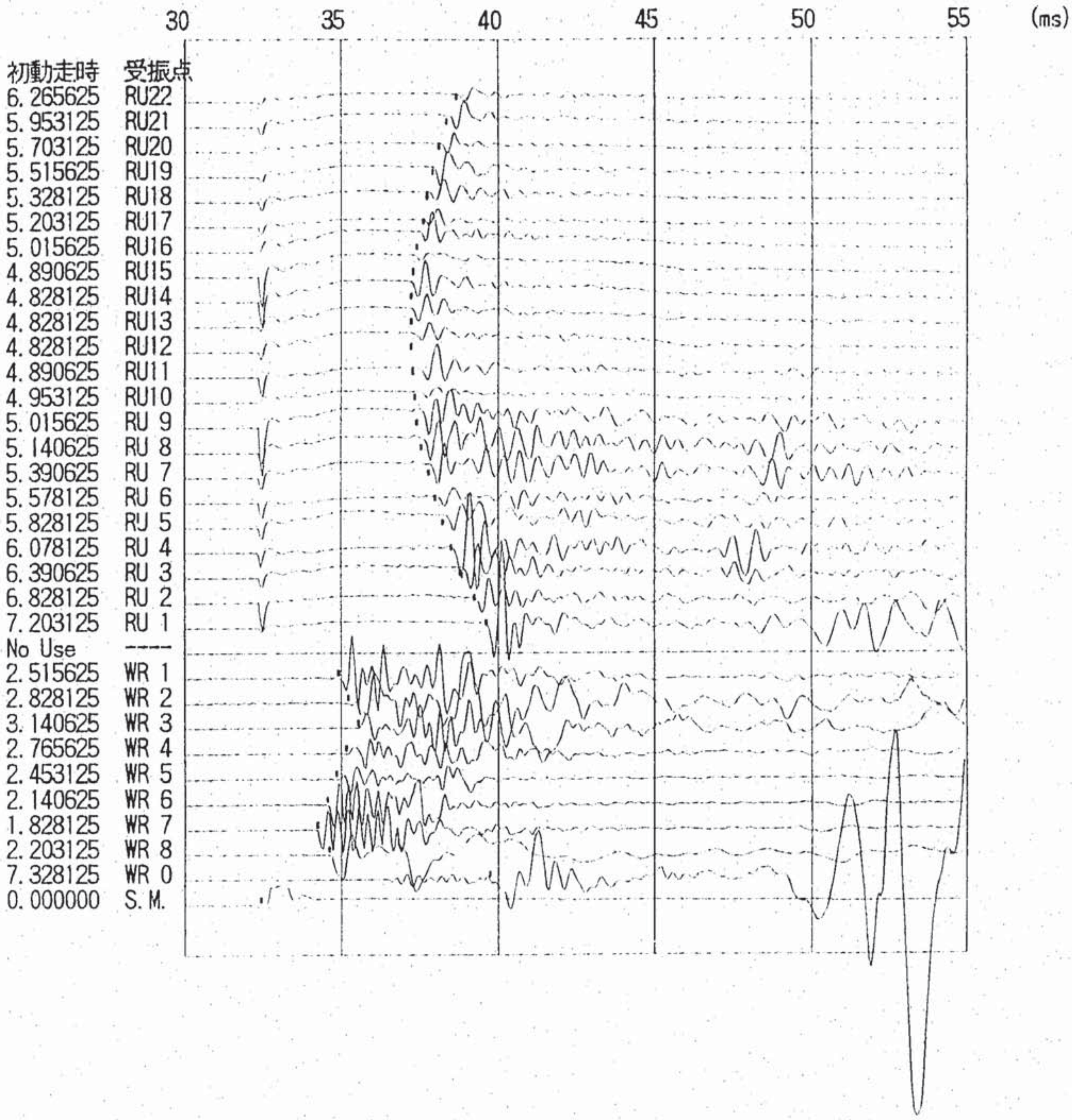
観測波形記録(16)
(起振点＝ＳＬ 11)



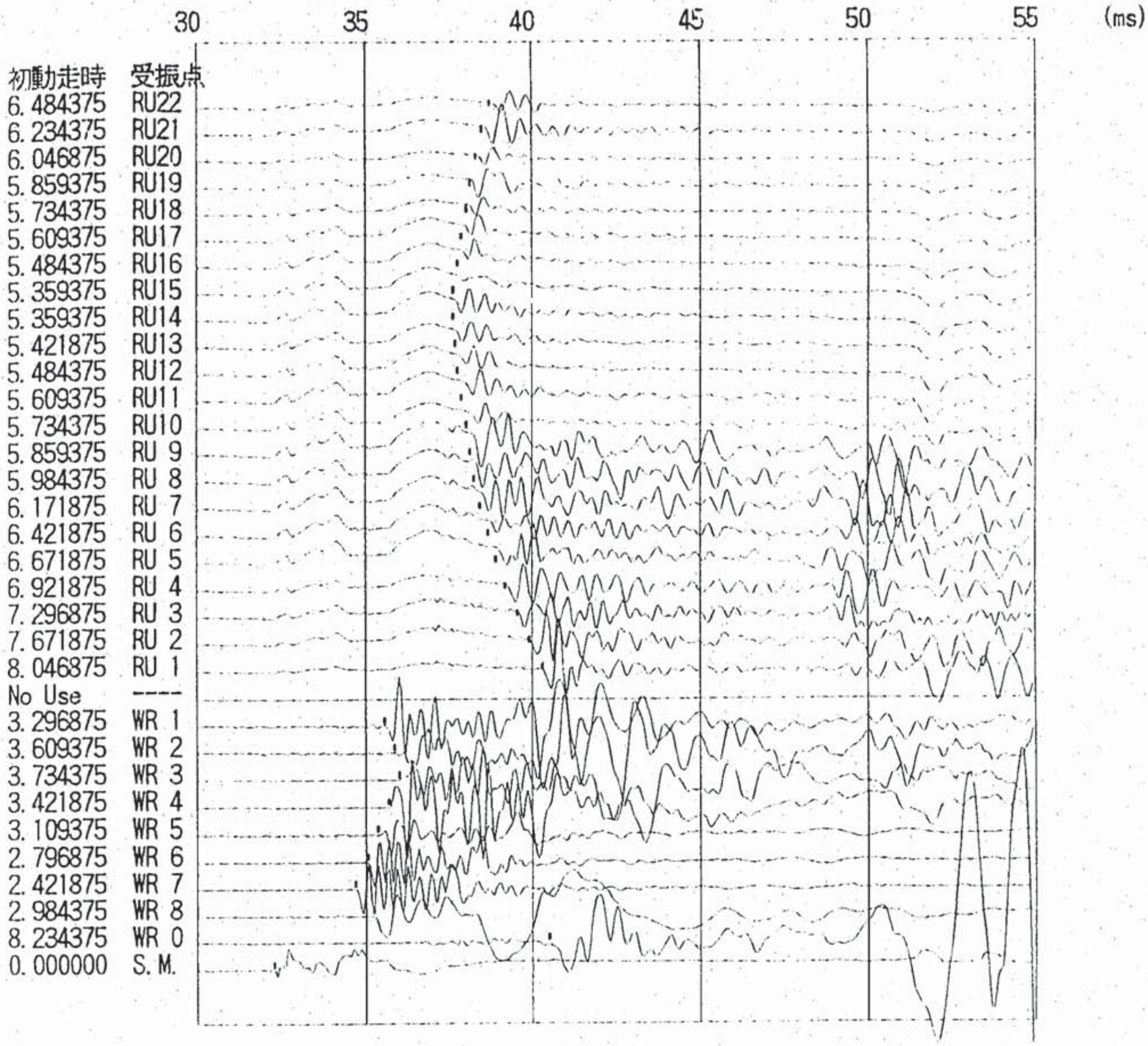
観測波形記録(17)
(起振点＝ＳＬ 13)



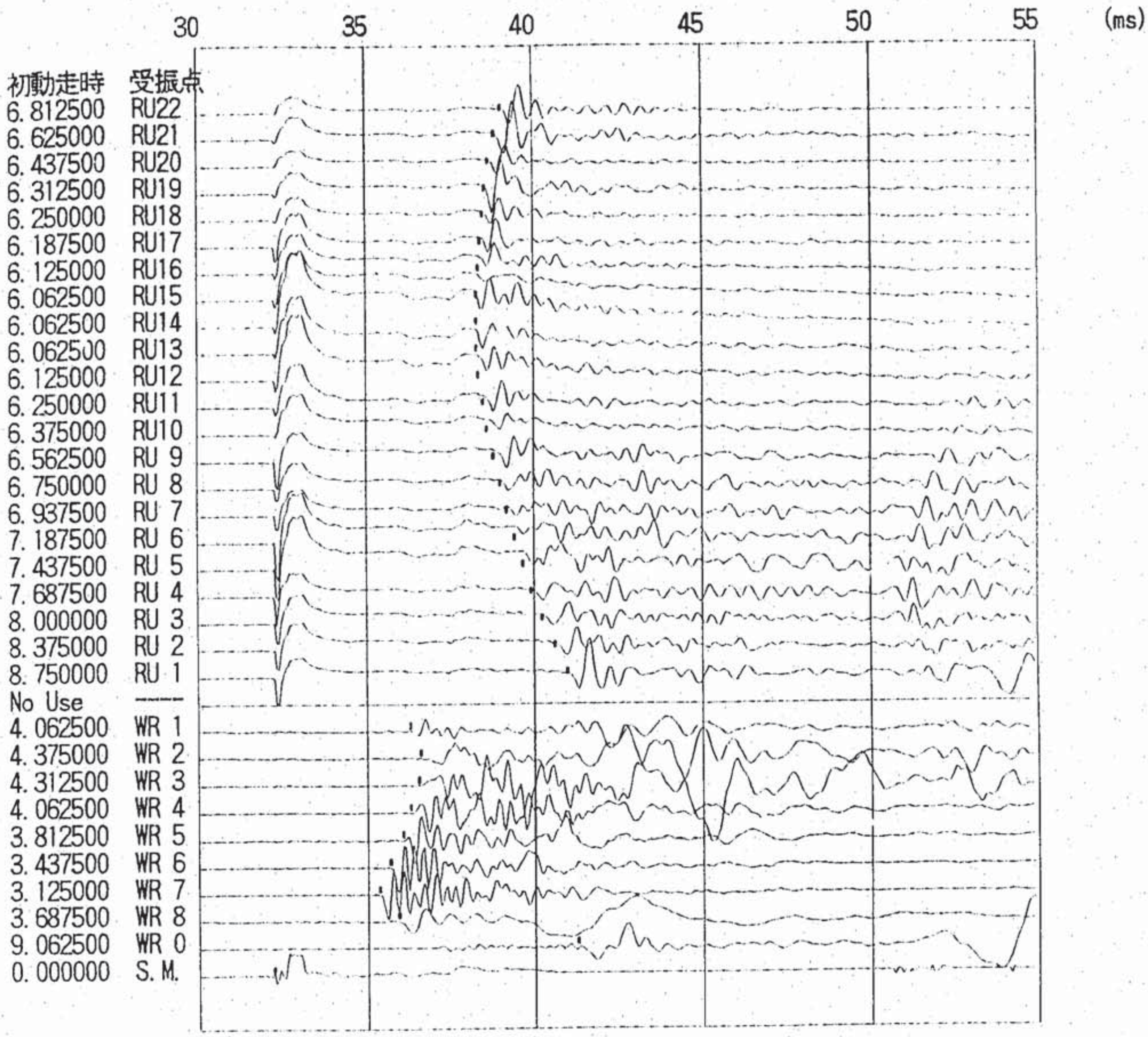
観測波形記録(18)
(起振点＝ＳＬ 15)



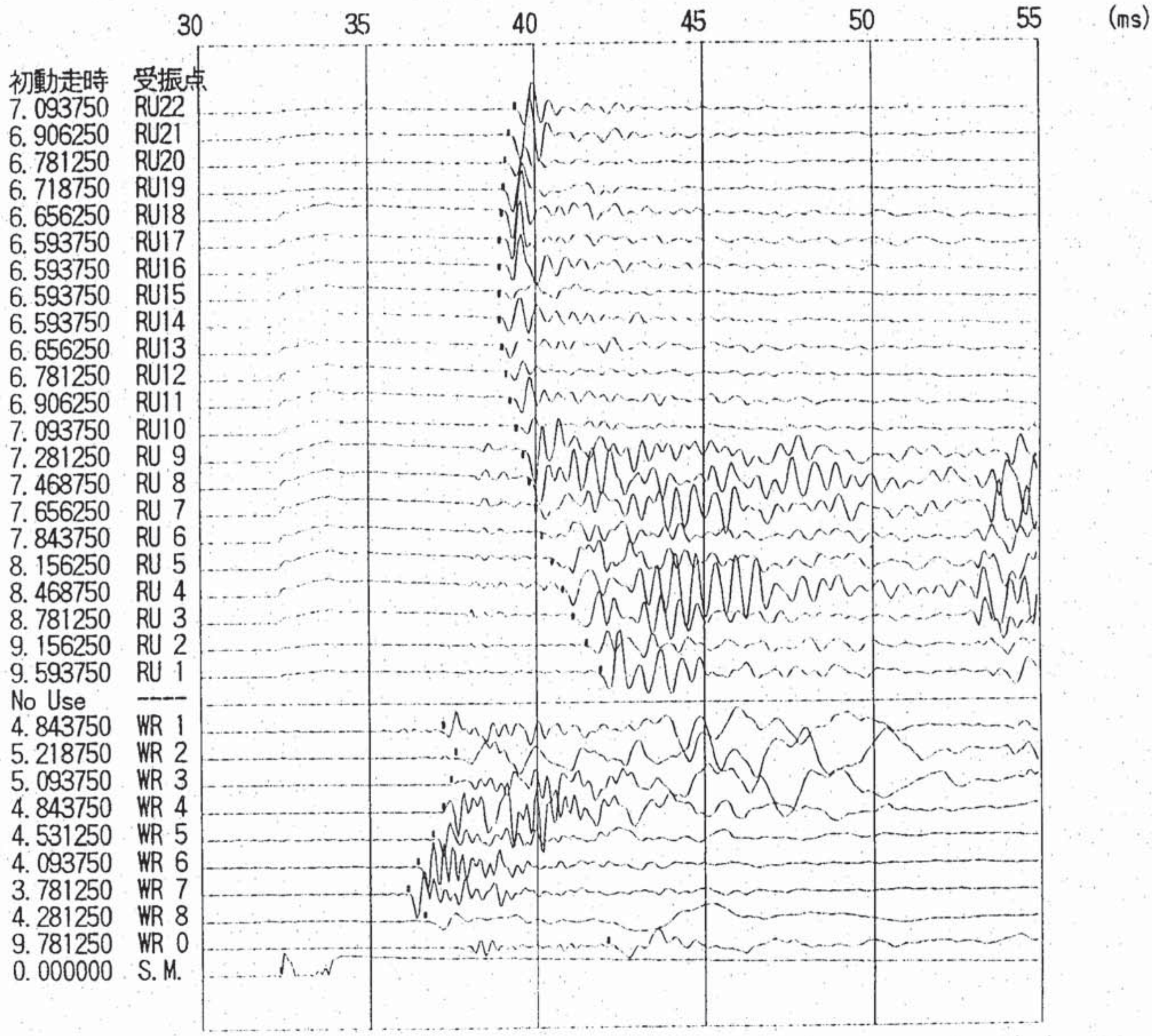
観測波形記録(19)
(起振点＝ＳＬ 17)



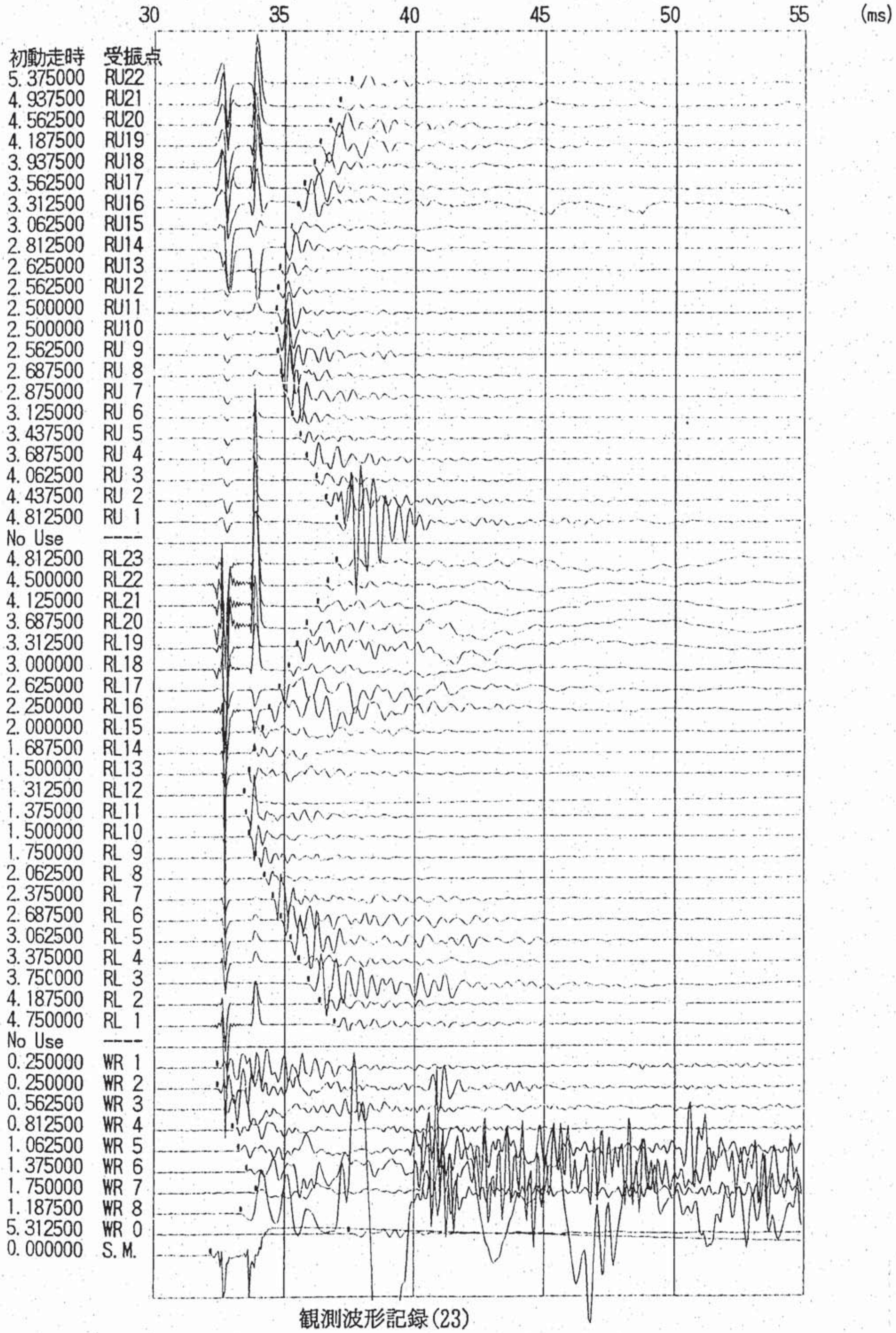
観測波形記録(20)
(起振点＝ＳＬ 19)



観測波形記録(21)
(起振点＝ＳＬ 21)

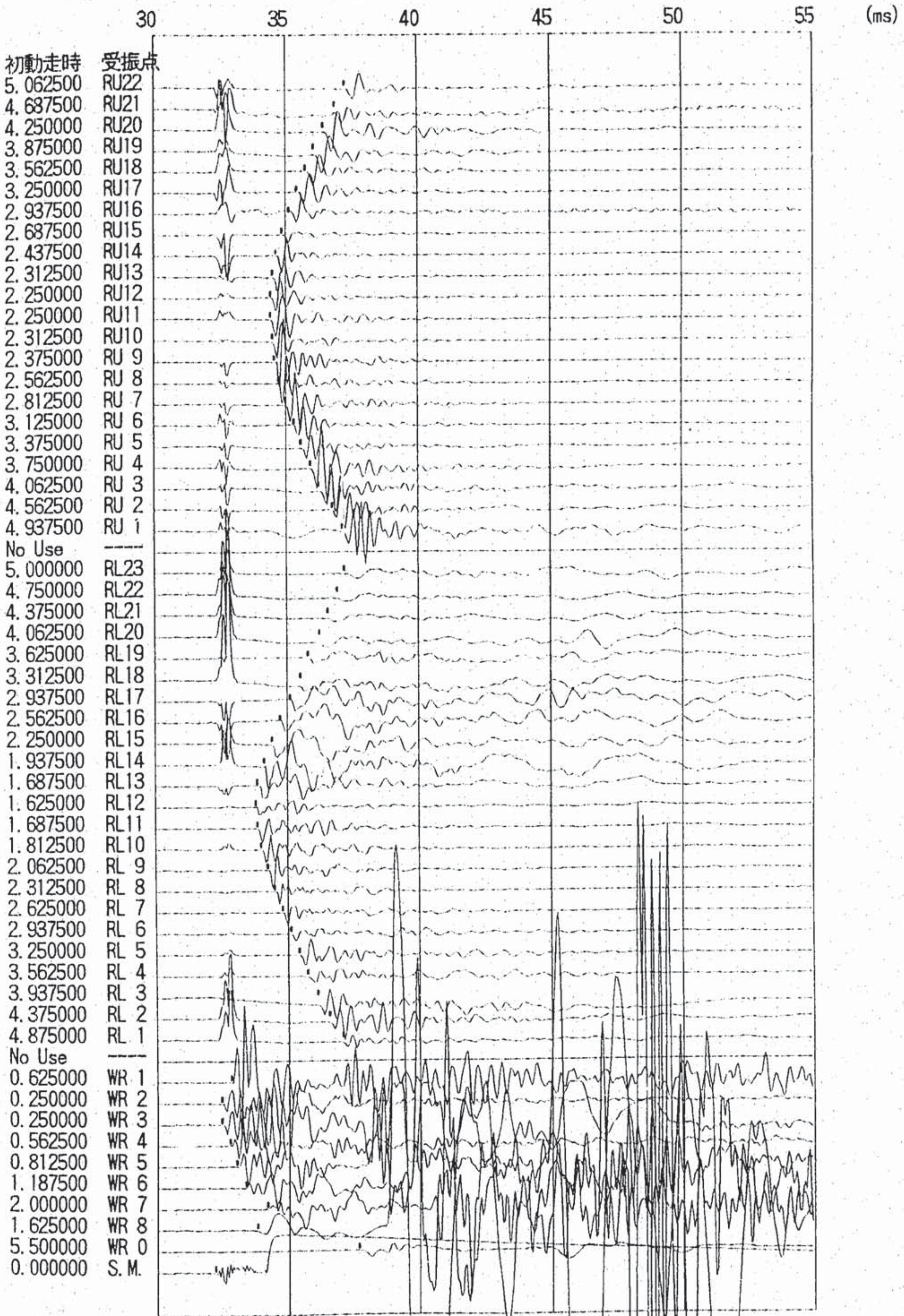


観測波形記録(22)
(起振点＝ＳＬ 23)

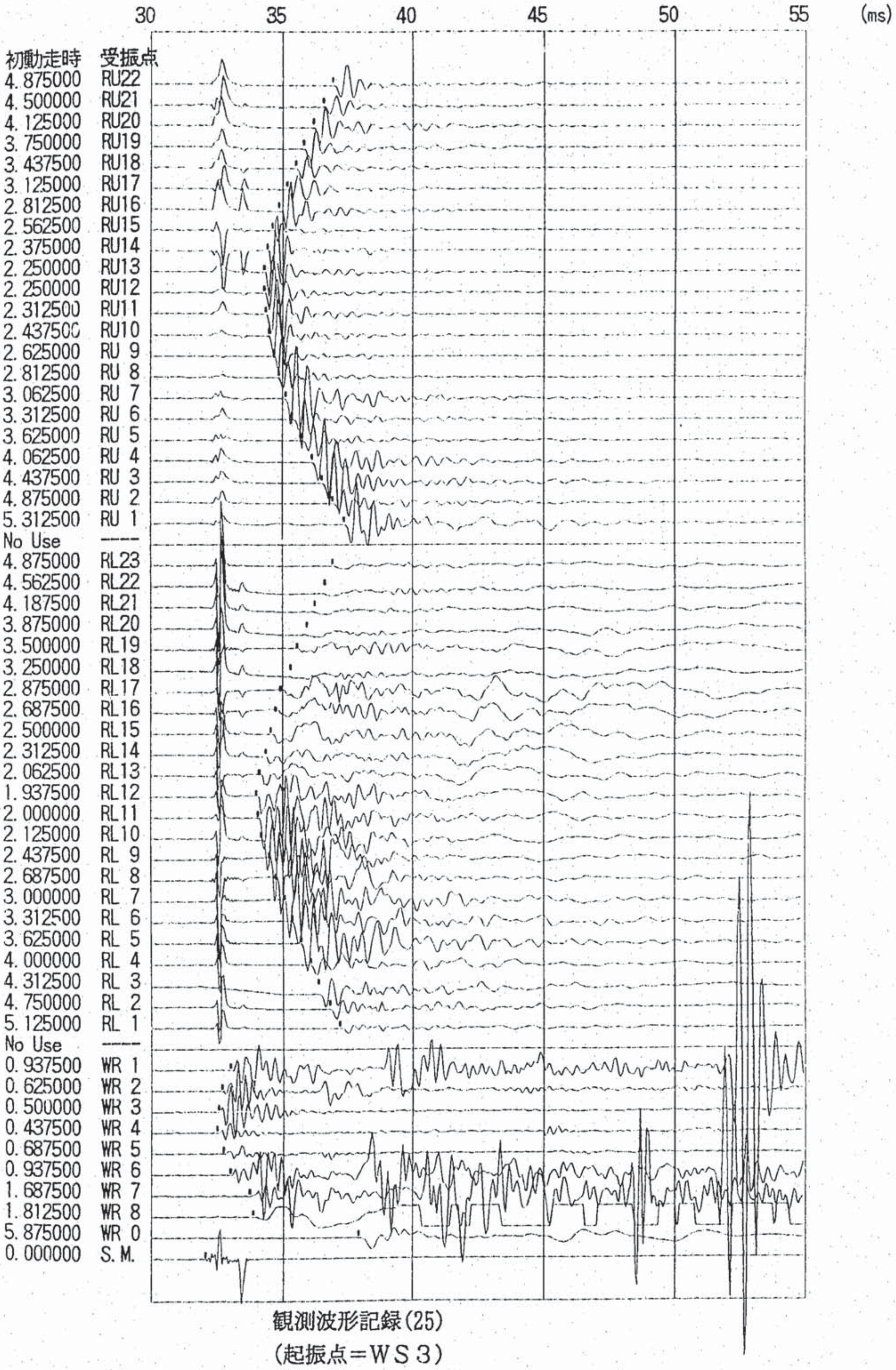


観測波形記録(23)

(起振点＝ＷＳ１)

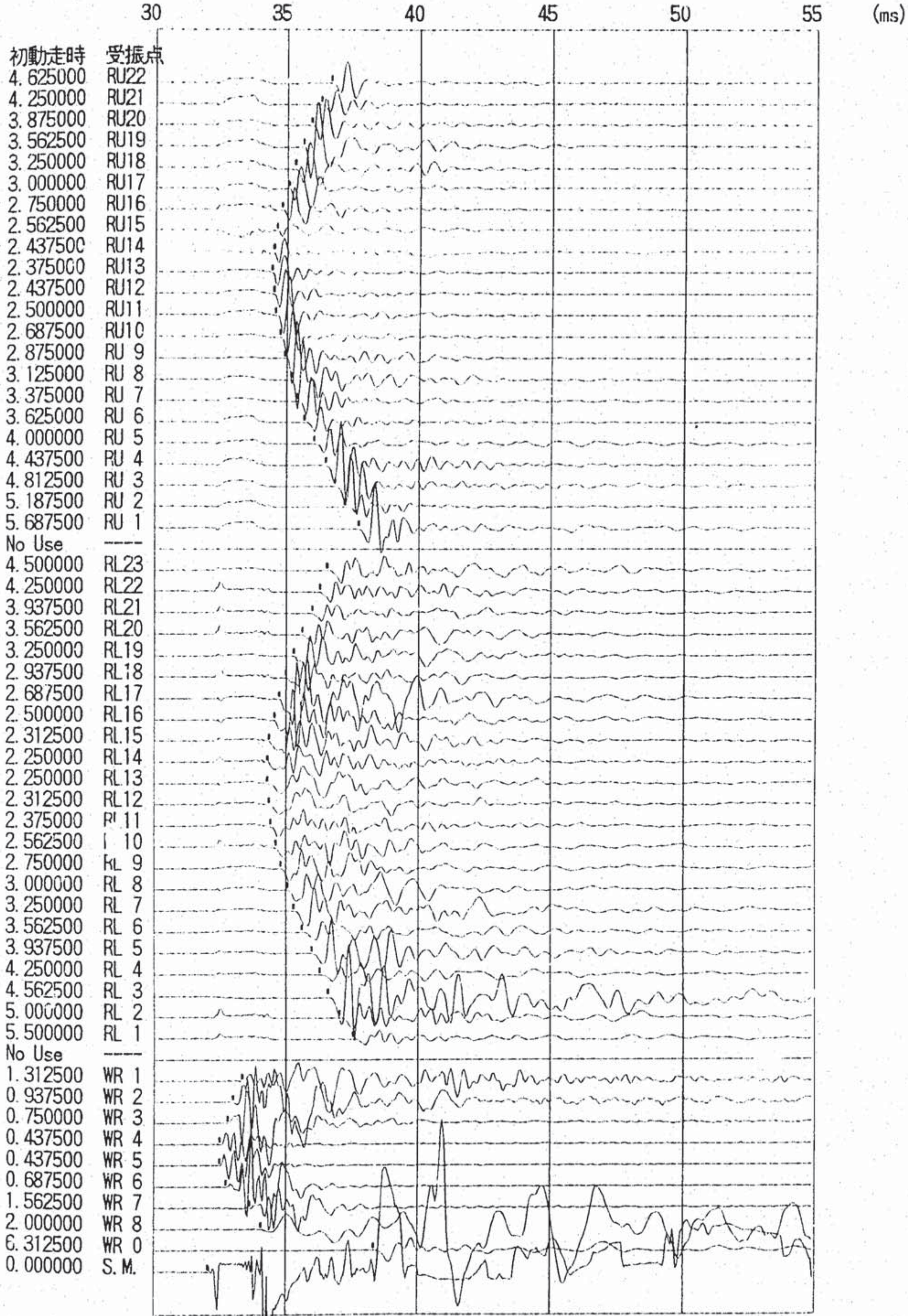


観測波形記録(24)
(起振点＝ＷＳ２)

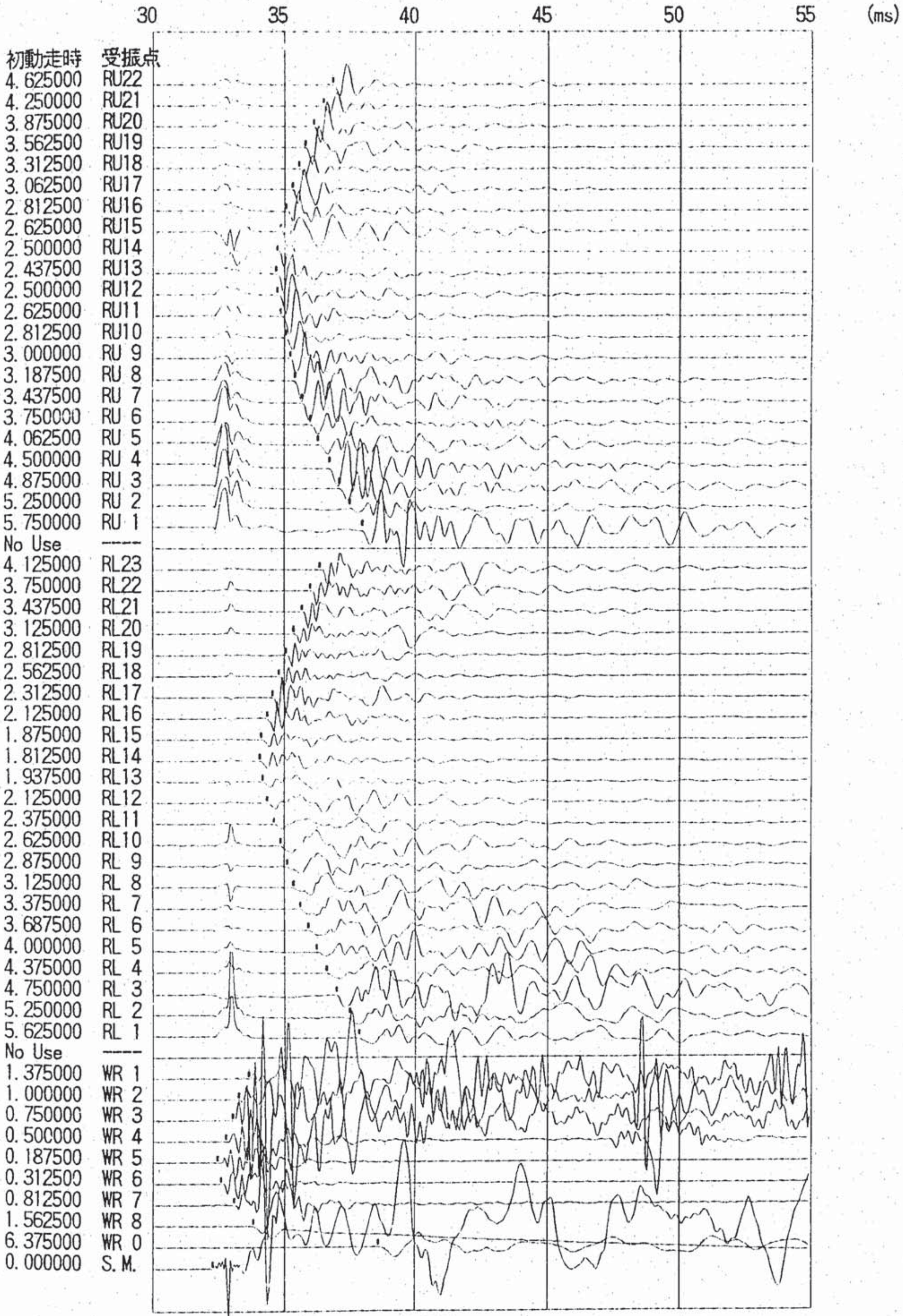


観測波形記録(25)

(起振点＝ＷＳ３)

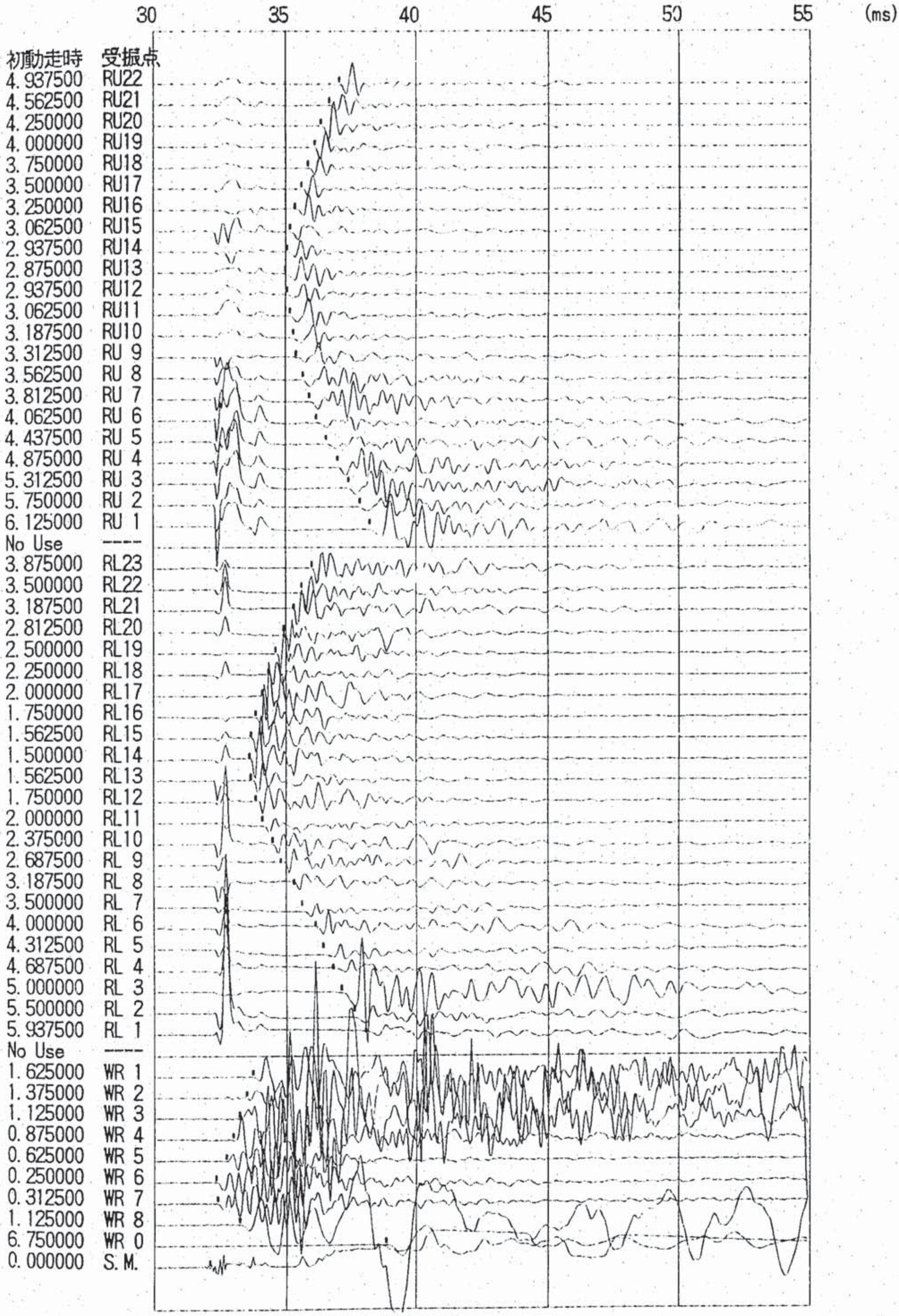


観測波形記録(26)
(起振点＝ＷＳ４)



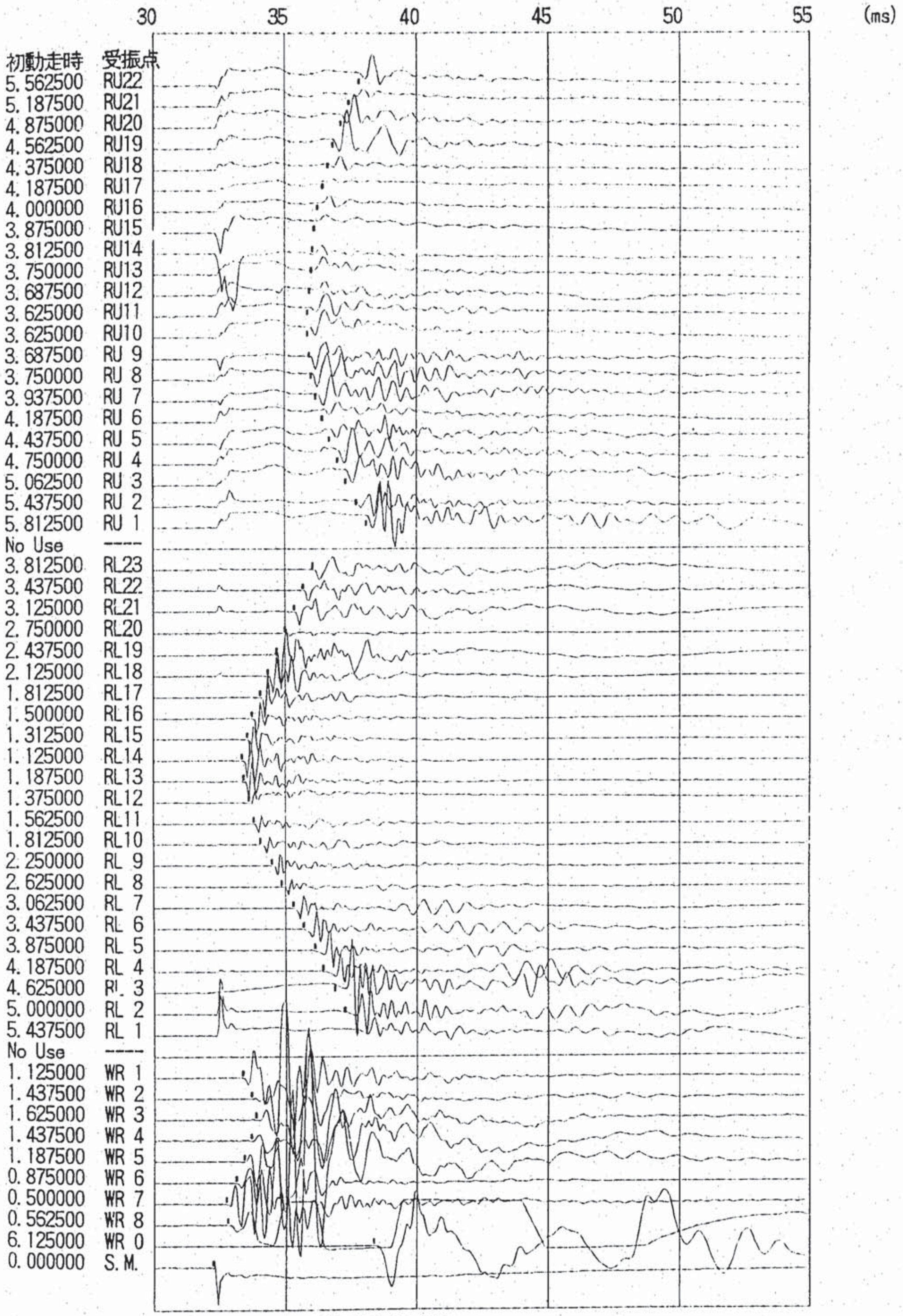
観測波形記録(27)

(起振点＝ＷＳ５)



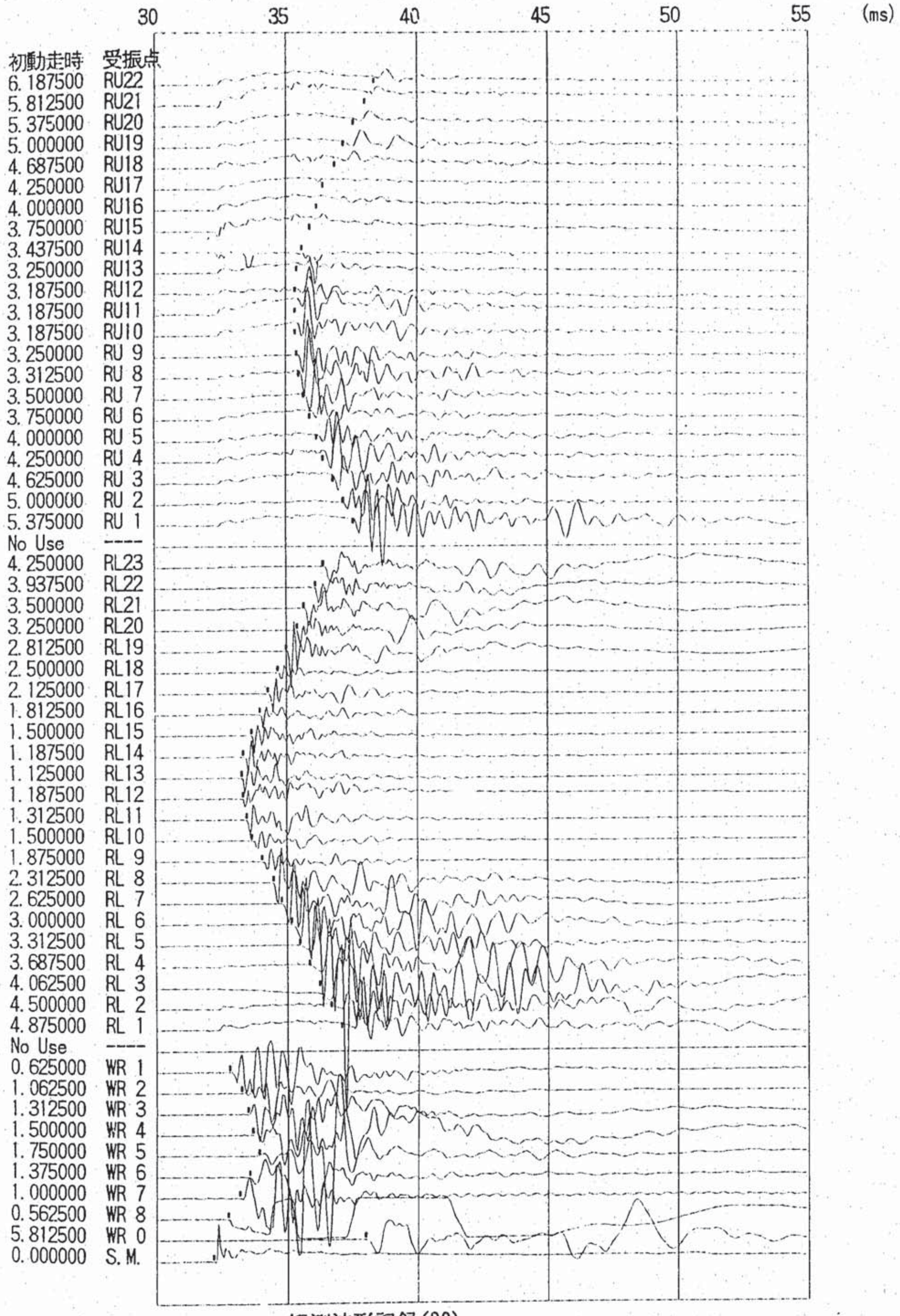
観測波形記録(28)

(起振点＝ＷＳ６)



観測波形記録(29)

(起振点＝ＷＳ７)



観測波形記録(30)

(起振点＝ＷＳ８)

初動走時読み取り値一覧表

解析の入力データとして使用した初動走時の読み取り値を、一覧にして示す。
サンプリングタイムが0.0625msecであるため、小数点以下4桁まで表示した。
起振点・受振点のNo.と往復走時補正前後の値を掲載した。

初動走時読み取り値一覧表 (1)

No.	起振点 (通しNo.)	受振点 (通しNo.)	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
1	SL3(12)	RU22(1)	8.6875	8.6007
2	SL3(12)	RU21(2)	8.2500	8.1632
3	SL3(12)	RU20(3)	7.8750	7.7882
4	SL3(12)	RU19(4)	7.5000	7.4132
5	SL3(12)	RU18(5)	7.0625	6.9757
6	SL3(12)	RU17(6)	6.6250	6.5382
7	SL3(12)	RU16(7)	6.2500	6.1632
8	SL3(12)	RU15(8)	5.8750	5.7882
9	SL3(12)	RU14(9)	5.4375	5.3507
10	SL3(12)	RU13(10)	5.0625	4.9757
11	SL3(12)	RU12(11)	4.6250	4.5382
12	SL3(12)	RU11(12)	4.2500	4.1632
13	SL3(12)	RU10(13)	3.8750	3.7882
14	SL3(12)	RU9(14)	3.3750	3.2882
15	SL3(12)	RU8(15)	3.0000	2.9132
16	SL3(12)	RU7(16)	2.6250	2.5382
17	SL3(12)	RU6(17)	2.3750	2.2882
18	SL3(12)	RU5(18)	2.0625	1.9757
19	SL3(12)	RU4(19)	1.7500	1.6632
20	SL3(12)	RU3(20)	1.5625	1.4757
21	SL3(12)	RU2(21)	1.5625	1.4757
22	SL3(12)	RU1(22)	1.6250	1.5382
23	SL3(12)	WR0(23)	1.6875	1.6007
24	SL3(12)	WR1(47)	3.8125	3.7257
25	SL3(12)	WR2(48)	3.8750	3.7882
26	SL3(12)	WR3(49)	4.1250	4.0382
27	SL3(12)	WR4(50)	4.5000	4.4132
28	SL3(12)	WR5(51)	4.8125	4.7257
29	SL3(12)	WR6(52)	5.2500	5.1632
30	SL3(12)	WR7(53)	5.1875	5.1007
31	SL5(13)	RU22(1)	8.2500	8.1918
32	SL5(13)	RU21(2)	7.6875	7.6293
33	SL5(13)	RU20(3)	7.2500	7.1918
34	SL5(13)	RU19(4)	6.8125	6.7543
35	SL5(13)	RU18(5)	6.5000	6.4418
36	SL5(13)	RU17(6)	6.0625	6.0043
37	SL5(13)	RU16(7)	5.7500	5.6918
38	SL5(13)	RU15(8)	5.3750	5.3168
39	SL5(13)	RU14(9)	5.0000	4.9418
40	SL5(13)	RU13(10)	4.6250	4.5668
41	SL5(13)	RU12(11)	4.2500	4.1918
42	SL5(13)	RU11(12)	3.9375	3.8793
43	SL5(13)	RU10(13)	3.5625	3.5043
44	SL5(13)	RU9(14)	3.1250	3.0668
45	SL5(13)	RU8(15)	2.7500	2.6918
46	SL5(13)	RU7(16)	2.5000	2.4418
47	SL5(13)	RU6(17)	2.2500	2.1918
48	SL5(13)	RU5(18)	2.0625	2.0043
49	SL5(13)	RU4(19)	2.0000	1.9418
50	SL5(13)	RU3(20)	2.0625	2.0043
51	SL5(13)	RU2(21)	2.2500	2.1918
52	SL5(13)	RU1(22)	2.5000	2.4418
53	SL5(13)	WR0(23)	2.7500	2.6918
54	SL5(13)	WR1(47)	3.0625	3.0043
55	SL5(13)	WR2(48)	3.1250	3.0668
56	SL5(13)	WR3(49)	3.4375	3.3793
57	SL5(13)	WR4(50)	3.7500	3.6918
58	SL5(13)	WR5(51)	4.0625	4.0043
59	SL5(13)	WR6(52)	4.6875	4.6293
60	SL5(13)	WR7(53)	4.3750	4.3168
61	SL7(14)	RU22(1)	7.4375	7.4133
62	SL7(14)	RU21(2)	7.1250	7.1008
63	SL7(14)	RU20(3)	6.6875	6.6633
64	SL7(14)	RU19(4)	6.2500	6.2258
65	SL7(14)	RU18(5)	5.8750	5.8508
66	SL7(14)	RU17(6)	5.5625	5.5383
67	SL7(14)	RU16(7)	5.2500	5.2258
68	SL7(14)	RU15(8)	4.9375	4.9133
69	SL7(14)	RU14(9)	4.5625	4.5383
70	SL7(14)	RU13(10)	4.2500	4.2258
71	SL7(14)	RU12(11)	3.9375	3.9133
72	SL7(14)	RU11(12)	3.6250	3.6008
73	SL7(14)	RU10(13)	3.3750	3.3508
74	SL7(14)	RU9(14)	3.0625	3.0383
75	SL7(14)	RU8(15)	2.8125	2.7883
76	SL7(14)	RU7(16)	2.6250	2.6008
77	SL7(14)	RU6(17)	2.5625	2.5383
78	SL7(14)	RU5(18)	2.5000	2.4758
79	SL7(14)	RU4(19)	2.5625	2.5383
80	SL7(14)	RU3(20)	2.7500	2.7258
81	SL7(14)	RU2(21)	3.0000	2.9758
82	SL7(14)	RU1(22)	3.3125	3.2883
83	SL7(14)	WR0(23)	3.5000	3.4758
84	SL7(14)	WR1(47)	2.3750	2.3508
85	SL7(14)	WR2(48)	2.5000	2.4758
86	SL7(14)	WR3(49)	2.7500	2.7258
87	SL7(14)	WR4(50)	3.1250	3.1008
88	SL7(14)	WR5(51)	3.3750	3.3508
89	SL7(14)	WR6(52)	3.8125	3.7883
90	SL7(14)	WR7(53)	3.5625	3.5383
91	SL9(15)	RU22(1)	7.0000	6.9886
92	SL9(15)	RU21(2)	6.6875	6.6761
93	SL9(15)	RU20(3)	6.3125	6.3011
94	SL9(15)	RU19(4)	5.9375	5.9261
95	SL9(15)	RU18(5)	5.5625	5.5511
96	SL9(15)	RU17(6)	5.1875	5.1761
97	SL9(15)	RU16(7)	4.9375	4.9261
98	SL9(15)	RU15(8)	4.6250	4.6136
99	SL9(15)	RU14(9)	4.3125	4.3011
100	SL9(15)	RU13(10)	4.0000	3.9886

初動走時読み取り値一覧表 (2)

No.	起振点 (通しNo.)	受振点 (通しNo.)	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
101	SL9(15)	RU12(11)	3.8125	3.8011
102	SL9(15)	RU11(12)	3.5625	3.5511
103	SL9(15)	RU10(13)	3.3750	3.3636
104	SL9(15)	RU9(14)	3.2500	3.2386
105	SL9(15)	RU8(15)	3.1250	3.1136
106	SL9(15)	RU7(16)	3.0625	3.0511
107	SL9(15)	RU6(17)	3.0625	3.0511
108	SL9(15)	RU5(18)	3.1250	3.1136
109	SL9(15)	RU4(19)	3.2500	3.2386
110	SL9(15)	RU3(20)	3.5000	3.4886
111	SL9(15)	RU2(21)	3.8750	3.8636
112	SL9(15)	RU1(22)	4.1875	4.1761
113	SL9(15)	WR0(23)	4.4375	4.4261
114	SL9(15)	WR1(47)	1.6875	1.6761
115	SL9(15)	WR2(48)	1.8125	1.8011
116	SL9(15)	WR3(49)	2.2500	2.2386
117	SL9(15)	WR4(50)	2.5625	2.5511
118	SL9(15)	WR5(51)	2.8750	2.8636
119	SL9(15)	WR6(52)	3.0000	2.9886
120	SL9(15)	WR7(53)	2.6250	2.6136
121	SL11(16)	RU22(1)	6.7500	6.7120
122	SL11(16)	RU21(2)	6.3750	6.3370
123	SL11(16)	RU20(3)	6.0000	5.9620
124	SL11(16)	RU19(4)	5.6250	5.5870
125	SL11(16)	RU18(5)	5.3125	5.2745
126	SL11(16)	RU17(6)	5.0000	4.9620
127	SL11(16)	RU16(7)	4.6875	4.6495
128	SL11(16)	RU15(8)	4.3750	4.3370
129	SL11(16)	RU14(9)	4.1250	4.0870
130	SL11(16)	RU13(10)	4.0000	3.9620
131	SL11(16)	RU12(11)	3.8750	3.8370
132	SL11(16)	RU11(12)	3.7500	3.7120
133	SL11(16)	RU10(13)	3.6250	3.5870
134	SL11(16)	RU9(14)	3.5625	3.5245
135	SL11(16)	RU8(15)	3.5625	3.5245
136	SL11(16)	RU7(16)	3.6250	3.5870
137	SL11(16)	RU6(17)	3.7500	3.7120
138	SL11(16)	RU5(18)	3.9375	3.8995
139	SL11(16)	RU4(19)	4.0625	4.0245
140	SL11(16)	RU3(20)	4.2500	4.2120
141	SL11(16)	RU2(21)	4.5625	4.5245
142	SL11(16)	RU1(22)	4.9375	4.8995
143	SL11(16)	WR0(23)	5.1875	5.1495
144	SL11(16)	WR1(47)	1.2500	1.2120
145	SL11(16)	WR2(48)	1.5625	1.5245
146	SL11(16)	WR3(49)	1.8125	1.7745
147	SL11(16)	WR4(50)	2.1875	2.1495
148	SL11(16)	WR5(51)	2.5000	2.4620
149	SL11(16)	WR6(52)	2.3125	2.2745
150	SL11(16)	WR7(53)	2.0000	1.9620
151	SL13(17)	RU22(1)	6.6250	6.5150
152	SL13(17)	RU21(2)	6.3125	6.2025
153	SL13(17)	RU20(3)	6.0000	5.8900
154	SL13(17)	RU19(4)	5.6875	5.5775
155	SL13(17)	RU18(5)	5.4375	5.3275
156	SL13(17)	RU17(6)	5.1875	5.0775
157	SL13(17)	RU16(7)	4.9375	4.8275
158	SL13(17)	RU15(8)	4.6875	4.5775
159	SL13(17)	RU14(9)	4.4375	4.3275
160	SL13(17)	RU13(10)	4.1875	4.0775
161	SL13(17)	RU12(11)	4.0625	3.9525
162	SL13(17)	RU11(12)	4.0625	3.9525
163	SL13(17)	RU10(13)	4.0000	3.8900
164	SL13(17)	RU9(14)	4.0000	3.8900
165	SL13(17)	RU8(15)	4.0625	3.9525
166	SL13(17)	RU7(16)	4.1875	4.0775
167	SL13(17)	RU6(17)	4.3750	4.2650
168	SL13(17)	RU5(18)	4.5625	4.4525
169	SL13(17)	RU4(19)	4.8125	4.7025
170	SL13(17)	RU3(20)	5.0625	4.9525
171	SL13(17)	RU2(21)	5.3750	5.2650
172	SL13(17)	RU1(22)	5.7500	5.6400
173	SL13(17)	WR0(23)	5.9375	5.8275
174	SL13(17)	WR1(47)	1.4375	1.3275
175	SL13(17)	WR2(48)	1.7500	1.6400
176	SL13(17)	WR3(49)	2.0000	1.8900
177	SL13(17)	WR4(50)	2.3125	2.2025
178	SL13(17)	WR5(51)	2.2500	2.1400
179	SL13(17)	WR6(52)	1.8750	1.7650
180	SL13(17)	WR7(53)	1.5625	1.4525
181	SL15(18)	RU22(1)	6.3906	6.3249
182	SL15(18)	RU21(2)	6.0156	5.9499
183	SL15(18)	RU20(3)	5.7656	5.6999
184	SL15(18)	RU19(4)	5.5156	5.4499
185	SL15(18)	RU18(5)	5.2656	5.1999
186	SL15(18)	RU17(6)	5.0781	5.0124
187	SL15(18)	RU16(7)	4.8906	4.8249
188	SL15(18)	RU15(8)	4.7656	4.6999
189	SL15(18)	RU14(9)	4.6406	4.5749
190	SL15(18)	RU13(10)	4.5781	4.5124
191	SL15(18)	RU12(11)	4.5156	4.4499
192	SL15(18)	RU11(12)	4.5156	4.4499
193	SL15(18)	RU10(13)	4.5156	4.4499
194	SL15(18)	RU9(14)	4.5781	4.5124
195	SL15(18)	RU8(15)	4.7031	4.6374
196	SL15(18)	RU7(16)	4.8281	4.7624
197	SL15(18)	RU6(17)	5.0156	4.9499
198	SL15(18)	RU5(18)	5.2656	5.1999
199	SL15(18)	RU4(19)	5.5156	5.4499
200	SL15(18)	RU3(20)	5.8281	5.7624

初動走時読み取り値一覧表 (3)

No.	起振点 (通しNo.)	受振点 (通しNo.)	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
201	SL15(18)	RU2(21)	6.2031	6.1374
202	SL15(18)	RU1(22)	6.5781	6.5124
203	SL15(18)	WR0(23)	6.7656	6.6999
204	SL15(18)	WR1(47)	1.9531	1.8874
205	SL15(18)	WR2(48)	2.2656	2.1999
206	SL15(18)	WR3(49)	2.5156	2.4499
207	SL15(18)	WR4(50)	2.5156	2.4499
208	SL15(18)	WR5(51)	2.2031	2.1374
209	SL15(18)	WR6(52)	1.7656	1.6999
210	SL15(18)	WR7(53)	1.5156	1.4499
211	SL17(19)	RU22(1)	6.2656	6.3213
212	SL17(19)	RU21(2)	5.9531	6.0088
213	SL17(19)	RU20(3)	5.7031	5.7588
214	SL17(19)	RU19(4)	5.5156	5.5713
215	SL17(19)	RU18(5)	5.3281	5.3838
216	SL17(19)	RU17(6)	5.2031	5.2588
217	SL17(19)	RU16(7)	5.0156	5.0713
218	SL17(19)	RU15(8)	4.8906	4.9463
219	SL17(19)	RU14(9)	4.8281	4.8838
220	SL17(19)	RU13(10)	4.8281	4.8838
221	SL17(19)	RU12(11)	4.8281	4.8838
222	SL17(19)	RU11(12)	4.8906	4.9463
223	SL17(19)	RU10(13)	4.9531	5.0088
224	SL17(19)	RU9(14)	5.0156	5.0713
225	SL17(19)	RU8(15)	5.1406	5.1963
226	SL17(19)	RU7(16)	5.3906	5.4463
227	SL17(19)	RU6(17)	5.5781	5.6338
228	SL17(19)	RU5(18)	5.8281	5.8838
229	SL17(19)	RU4(19)	6.0781	6.1338
230	SL17(19)	RU3(20)	6.3906	6.4463
231	SL17(19)	RU2(21)	6.8281	6.8838
232	SL17(19)	RU1(22)	7.2031	7.2588
233	SL17(19)	WR0(23)	7.3281	7.3838
234	SL17(19)	WR1(47)	2.5156	2.5713
235	SL17(19)	WR2(48)	2.8281	2.8838
236	SL17(19)	WR3(49)	3.1406	3.1963
237	SL17(19)	WR4(50)	2.7656	2.8213
238	SL17(19)	WR5(51)	2.4531	2.5088
239	SL17(19)	WR6(52)	2.1406	2.1963
240	SL17(19)	WR7(53)	1.8281	1.8838
241	SL19(20)	RU22(1)	6.4844	6.4593
242	SL19(20)	RU21(2)	6.2344	6.2093
243	SL19(20)	RU20(3)	6.0469	6.0218
244	SL19(20)	RU19(4)	5.8594	5.8343
245	SL19(20)	RU18(5)	5.7344	5.7093
246	SL19(20)	RU17(6)	5.6094	5.5843
247	SL19(20)	RU16(7)	5.4844	5.4593
248	SL19(20)	RU15(8)	5.3594	5.3343
249	SL19(20)	RU14(9)	5.3594	5.3343
250	SL19(20)	RU13(10)	5.4219	5.3968
251	SL19(20)	RU12(11)	5.4844	5.4593
252	SL19(20)	RU11(12)	5.6094	5.5843
253	SL19(20)	RU10(13)	5.7344	5.7093
254	SL19(20)	RU9(14)	5.8594	5.8343
255	SL19(20)	RU8(15)	5.9844	5.9593
256	SL19(20)	RU7(16)	6.1719	6.1468
257	SL19(20)	RU6(17)	6.4219	6.3968
258	SL19(20)	RU5(18)	6.6719	6.6468
259	SL19(20)	RU4(19)	6.9219	6.8968
260	SL19(20)	RU3(20)	7.2969	7.2718
261	SL19(20)	RU2(21)	7.6719	7.6468
262	SL19(20)	RU1(22)	8.0469	8.0218
263	SL19(20)	WR0(23)	8.2344	8.2093
264	SL19(20)	WR1(47)	3.2969	3.2718
265	SL19(20)	WR2(48)	3.6094	3.5843
266	SL19(20)	WR3(49)	3.7344	3.7093
267	SL19(20)	WR4(50)	3.4219	3.3968
268	SL19(20)	WR5(51)	3.1094	3.0843
269	SL19(20)	WR6(52)	2.7969	2.7718
270	SL19(20)	WR7(53)	2.4219	2.3968
271	SL21(21)	RU22(1)	6.8125	6.7726
272	SL21(21)	RU21(2)	6.6250	6.5850
273	SL21(21)	RU20(3)	6.4375	6.3975
274	SL21(21)	RU19(4)	6.3125	6.2726
275	SL21(21)	RU18(5)	6.2500	6.2101
276	SL21(21)	RU17(6)	6.1875	6.1476
277	SL21(21)	RU16(7)	6.1250	6.0851
278	SL21(21)	RU15(8)	6.0625	6.0226
279	SL21(21)	RU14(9)	6.0625	6.0226
280	SL21(21)	RU13(10)	6.0625	6.0226
281	SL21(21)	RU12(11)	6.1250	6.0851
282	SL21(21)	RU11(12)	6.2500	6.2101
283	SL21(21)	RU10(13)	6.3750	6.3351
284	SL21(21)	RU9(14)	6.5625	6.5225
285	SL21(21)	RU8(15)	6.7500	6.7101
286	SL21(21)	RU7(16)	6.9375	6.8976
287	SL21(21)	RU6(17)	7.1875	7.1476
288	SL21(21)	RU5(18)	7.4375	7.3975
289	SL21(21)	RU4(19)	7.6875	7.6476
290	SL21(21)	RU3(20)	8.0000	7.9601
291	SL21(21)	RU2(21)	8.3750	8.3351
292	SL21(21)	RU1(22)	8.7500	8.7101
293	SL21(21)	WR0(23)	9.0625	9.0225
294	SL21(21)	WR1(47)	4.0625	4.0225
295	SL21(21)	WR2(48)	4.3750	4.3351
296	SL21(21)	WR3(49)	4.3125	4.2726
297	SL21(21)	WR4(50)	4.0625	4.0225
298	SL21(21)	WR5(51)	3.8125	3.7725
299	SL21(21)	WR6(52)	3.4375	3.3976
300	SL21(21)	WR7(53)	3.1250	3.0850

初動走時読み取り値一覧表（4）

No.	起振点（通しNo.）	受振点（通しNo.）	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
301	SL23(22)	RU22(1)	7.0938	7.0568
302	SL23(22)	RU21(2)	6.9063	6.8693
303	SL23(22)	RU20(3)	6.7813	6.7443
304	SL23(22)	RU19(4)	6.7188	6.6818
305	SL23(22)	RU18(5)	6.6563	6.6193
306	SL23(22)	RU17(6)	6.5938	6.5568
307	SL23(22)	RU16(7)	6.5938	6.5568
308	SL23(22)	RU15(8)	6.5938	6.5568
309	SL23(22)	RU14(9)	6.5938	6.5568
310	SL23(22)	RU13(10)	6.6563	6.6193
311	SL23(22)	RU12(11)	6.7813	6.7443
312	SL23(22)	RU11(12)	6.9063	6.8693
313	SL23(22)	RU10(13)	7.0938	7.0568
314	SL23(22)	RU9(14)	7.2812	7.2443
315	SL23(22)	RU8(15)	7.4688	7.4318
316	SL23(22)	RU7(16)	7.6563	7.6193
317	SL23(22)	RU6(17)	7.8438	7.8068
318	SL23(22)	RU5(18)	8.1563	8.1193
319	SL23(22)	RU4(19)	8.4688	8.4318
320	SL23(22)	RU3(20)	8.7813	8.7443
321	SL23(22)	RU2(21)	9.1563	9.1193
322	SL23(22)	RU1(22)	9.5938	9.5568
323	SL23(22)	WR0(23)	9.7812	9.7443
324	SL23(22)	WR1(47)	4.8438	4.8068
325	SL23(22)	WR2(48)	5.2188	5.1818
326	SL23(22)	WR3(49)	5.0938	5.0568
327	SL23(22)	WR4(50)	4.8438	4.8068
328	SL23(22)	WR5(51)	4.5313	4.4943
329	SL23(22)	WR6(52)	4.0938	4.0568
330	SL23(22)	WR7(53)	3.7812	3.7443
331	SU3(11)	RL1(24)	1.5000	1.5857
332	SU3(11)	RL2(25)	1.4375	1.5232
333	SU3(11)	RL3(26)	1.5000	1.5857
334	SU3(11)	RL4(27)	1.6250	1.7107
335	SU3(11)	RL5(28)	1.8750	1.9607
336	SU3(11)	RL6(29)	2.3125	2.3982
337	SU3(11)	RL7(30)	2.6250	2.7107
338	SU3(11)	RL8(31)	3.0000	3.0857
339	SU3(11)	RL9(32)	3.3750	3.4607
340	SU3(11)	RL10(33)	3.7500	3.8357
341	SU3(11)	RL11(34)	4.1250	4.2107
342	SU3(11)	RL12(35)	4.4375	4.5232
343	SU3(11)	RL13(36)	4.9375	5.0232
344	SU3(11)	RL14(37)	5.2500	5.3357
345	SU3(11)	RL15(38)	5.7500	5.8357
346	SU3(11)	RL16(39)	6.0625	6.1482
347	SU3(11)	RL17(40)	6.3750	6.4607
348	SU3(11)	RL18(41)	6.7500	6.8357
349	SU3(11)	RL19(42)	7.1875	7.2732
350	SU3(11)	RL20(43)	7.5625	7.6482

No.	起振点（通しNo.）	受振点（通しNo.）	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
351	SU3(11)	RL21(44)	7.9375	8.0232
352	SU3(11)	RL22(45)	8.2500	8.3357
353	SU3(11)	RL23(46)	8.6250	8.7107
354	SU3(11)	WR0(23)	1.6250	1.7107
355	SU3(11)	WR1(47)	4.0625	4.1482
356	SU3(11)	WR2(48)	4.0625	4.1482
357	SU3(11)	WR3(49)	4.1250	4.2107
358	SU3(11)	WR4(50)	4.6250	4.7107
359	SU3(11)	WR5(51)	4.8125	4.8982
360	SU3(11)	WR6(52)	5.0625	5.1482
361	SU3(11)	WR7(53)	5.4375	5.5232
362	SU4(10)	RL1(24)	1.9375	1.8969
363	SU4(10)	RL2(25)	1.7500	1.7094
364	SU4(10)	RL3(26)	1.6875	1.6469
365	SU4(10)	RL4(27)	1.8125	1.7719
366	SU4(10)	RL5(28)	2.0000	1.9594
367	SU4(10)	RL6(29)	2.3125	2.2719
368	SU4(10)	RL7(30)	2.5625	2.5219
369	SU4(10)	RL8(31)	2.8750	2.8344
370	SU4(10)	RL9(32)	3.1875	3.1469
371	SU4(10)	RL10(33)	3.5000	3.4594
372	SU4(10)	RL11(34)	3.9375	3.8969
373	SU4(10)	RL12(35)	4.3125	4.2719
374	SU4(10)	RL13(36)	4.7500	4.7094
375	SU4(10)	RL14(37)	5.1250	5.0844
376	SU4(10)	RL15(38)	5.5625	5.5219
377	SU4(10)	RL16(39)	5.9375	5.8969
378	SU4(10)	RL17(40)	6.1875	6.1469
379	SU4(10)	RL18(41)	6.5625	6.5219
380	SU4(10)	RL19(42)	6.9375	6.8969
381	SU4(10)	RL20(43)	7.3125	7.2719
382	SU4(10)	RL21(44)	7.7500	7.7094
383	SU4(10)	RL22(45)	8.0625	8.0219
384	SU4(10)	RL23(46)	8.4375	8.3969
385	SU4(10)	WR0(23)	2.1875	2.1469
386	SU4(10)	WR1(47)	3.9375	3.8969
387	SU4(10)	WR2(48)	3.8125	3.7719
388	SU4(10)	WR3(49)	3.8750	3.8344
389	SU4(10)	WR4(50)	4.3750	4.3344
390	SU4(10)	WR5(51)	4.6250	4.5844
391	SU4(10)	WR6(52)	4.8750	4.8344
392	SU4(10)	WR7(53)	5.3125	5.2719
393	SU6(9)	RL1(24)	2.6250	2.6896
394	SU6(9)	RL2(25)	2.3750	2.4396
395	SU6(9)	RL3(26)	2.1875	2.2521
396	SU6(9)	RL4(27)	2.1250	2.1896
397	SU6(9)	RL5(28)	2.1875	2.2521
398	SU6(9)	RL6(29)	2.3125	2.3771
399	SU6(9)	RL7(30)	2.4375	2.5021
400	SU6(9)	RL8(31)	2.6875	2.7521

初動走時読み取り値一覧表 (5)

No.	起振点 (通しNo.)	受振点 (通しNo.)	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
401	SU6(9)	RL9(32)	2.9375	3.0021
402	SU6(9)	RL10(33)	3.2500	3.3146
403	SU6(9)	RL11(34)	3.5625	3.6271
404	SU6(9)	RL12(35)	3.8750	3.9396
405	SU6(9)	RL13(36)	4.2500	4.3146
406	SU6(9)	RL14(37)	4.5625	4.6271
407	SU6(9)	RL15(38)	4.8750	4.9396
408	SU6(9)	RL16(39)	5.1875	5.2521
409	SU6(9)	RL17(40)	5.5625	5.6271
410	SU6(9)	RL18(41)	5.9375	6.0021
411	SU6(9)	RL19(42)	6.3125	6.3771
412	SU6(9)	RL20(43)	6.6875	6.7521
413	SU6(9)	RL21(44)	7.0000	7.0646
414	SU6(9)	RL22(45)	7.3750	7.4396
415	SU6(9)	RL23(46)	7.8125	7.8771
416	SU6(9)	WR0(23)	2.9375	3.0021
417	SU6(9)	WR1(47)	3.2500	3.3146
418	SU6(9)	WR2(48)	3.0625	3.1271
419	SU6(9)	WR3(49)	3.1250	3.1896
420	SU6(9)	WR4(50)	3.4375	3.5021
421	SU6(9)	WR5(51)	3.7500	3.8146
422	SU6(9)	WR6(52)	4.0000	4.0646
423	SU6(9)	WR7(53)	4.4375	4.5021
424	SU8(8)	RL1(24)	3.2500	3.2329
425	SU8(8)	RL2(25)	3.0000	2.9829
426	SU8(8)	RL3(26)	2.7500	2.7329
427	SU8(8)	RL4(27)	2.6250	2.6079
428	SU8(8)	RL5(28)	2.5625	2.5454
429	SU8(8)	RL6(29)	2.6250	2.6079
430	SU8(8)	RL7(30)	2.6875	2.6704
431	SU8(8)	RL8(31)	2.8125	2.7954
432	SU8(8)	RL9(32)	2.9375	2.9204
433	SU8(8)	RL10(33)	3.1875	3.1704
434	SU8(8)	RL11(34)	3.5000	3.4829
435	SU8(8)	RL12(35)	3.8125	3.7954
436	SU8(8)	RL13(36)	4.0625	4.0454
437	SU8(8)	RL14(37)	4.3125	4.2954
438	SU8(8)	RL15(38)	4.6875	4.6704
439	SU8(8)	RL16(39)	5.0000	4.9829
440	SU8(8)	RL17(40)	5.3125	5.2954
441	SU8(8)	RL18(41)	5.7500	5.7329
442	SU8(8)	RL19(42)	6.1250	6.1079
443	SU8(8)	RL20(43)	6.4375	6.4204
444	SU8(8)	RL21(44)	6.8125	6.7954
445	SU8(8)	RL22(45)	7.1250	7.1079
446	SU8(8)	RL23(46)	7.6250	7.6079
447	SU8(8)	WR0(23)	3.6250	3.6079
448	SU8(8)	WR1(47)	3.0625	3.0454
449	SU8(8)	WR2(48)	2.6875	2.6704
450	SU8(8)	WR3(49)	2.6875	2.6704
451	SU8(8)	WR4(50)	3.0625	3.0454
452	SU8(8)	WR5(51)	3.3125	3.2954
453	SU8(8)	WR6(52)	3.6250	3.6079
454	SU8(8)	WR7(53)	4.0625	4.0454
455	SU10(7)	RL1(24)	4.3750	4.3955
456	SU10(7)	RL2(25)	4.0625	4.0830
457	SU10(7)	RL3(26)	3.8125	3.8330
458	SU10(7)	RL4(27)	3.6250	3.6455
459	SU10(7)	RL5(28)	3.5000	3.5205
460	SU10(7)	RL6(29)	3.3750	3.3955
461	SU10(7)	RL7(30)	3.3125	3.3330
462	SU10(7)	RL8(31)	3.3125	3.3330
463	SU10(7)	RL9(32)	3.3750	3.3955
464	SU10(7)	RL10(33)	3.4375	3.4580
465	SU10(7)	RL11(34)	3.6250	3.6455
466	SU10(7)	RL12(35)	3.7500	3.7705
467	SU10(7)	RL13(36)	3.9375	3.9580
468	SU10(7)	RL14(37)	4.1250	4.1455
469	SU10(7)	RL15(38)	4.3750	4.3955
470	SU10(7)	RL16(39)	4.7500	4.7705
471	SU10(7)	RL17(40)	5.0625	5.0830
472	SU10(7)	RL18(41)	5.4375	5.4580
473	SU10(7)	RL19(42)	5.6875	5.7080
474	SU10(7)	RL20(43)	6.0000	6.0205
475	SU10(7)	RL21(44)	6.3750	6.3955
476	SU10(7)	RL22(45)	6.7500	6.7705
477	SU10(7)	RL23(46)	7.0625	7.0830
478	SU10(7)	WR0(23)	4.8125	4.8330
479	SU10(7)	WR1(47)	2.8125	2.8330
480	SU10(7)	WR2(48)	2.4375	2.4580
481	SU10(7)	WR3(49)	2.2500	2.2705
482	SU10(7)	WR4(50)	2.4375	2.4580
483	SU10(7)	WR5(51)	2.7500	2.7705
484	SU10(7)	WR6(52)	3.1250	3.1455
485	SU10(7)	WR7(53)	3.5000	3.5205
486	SU12(6)	RL1(24)	5.2500	5.2720
487	SU12(6)	RL2(25)	4.9375	4.9595
488	SU12(6)	RL3(26)	4.6250	4.6470
489	SU12(6)	RL4(27)	4.4375	4.4595
490	SU12(6)	RL5(28)	4.2500	4.2720
491	SU12(6)	RL6(29)	4.1250	4.1470
492	SU12(6)	RL7(30)	3.9375	3.9595
493	SU12(6)	RL8(31)	3.8750	3.8970
494	SU12(6)	RL9(32)	3.8125	3.8345
495	SU12(6)	RL10(33)	3.7500	3.7720
496	SU12(6)	RL11(34)	3.8125	3.8345
497	SU12(6)	RL12(35)	3.8750	3.8970
498	SU12(6)	RL13(36)	4.0000	4.0220
499	SU12(6)	RL14(37)	4.1250	4.1470
500	SU12(6)	RL15(38)	4.3750	4.3970

初動走時読み取り値一覧表 (6)

No.	起振点 (通しNo.)	受振点 (通しNo.)	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
501	SU12(6)	RL16(39)	4.6250	4.6470
502	SU12(6)	RL17(40)	4.8750	4.8970
503	SU12(6)	RL18(41)	5.1250	5.1470
504	SU12(6)	RL19(42)	5.4375	5.4595
505	SU12(6)	RL20(43)	5.7500	5.7720
506	SU12(6)	RL21(44)	6.0625	6.0845
507	SU12(6)	RL22(45)	6.4375	6.4595
508	SU12(6)	RL23(46)	6.7500	6.7720
509	SU12(6)	WR0(23)	5.6250	5.6470
510	SU12(6)	WR1(47)	2.8125	2.8345
511	SU12(6)	WR2(48)	2.3750	2.3970
512	SU12(6)	WR3(49)	2.1875	2.2095
513	SU12(6)	WR4(50)	2.1875	2.2095
514	SU12(6)	WR5(51)	2.4375	2.4595
515	SU12(6)	WR6(52)	2.8750	2.8970
516	SU12(6)	WR7(53)	3.4375	3.4595
517	SU14(5)	RL1(24)	6.1875	6.1505
518	SU14(5)	RL2(25)	5.8125	5.7755
519	SU14(5)	RL3(26)	5.5000	5.4630
520	SU14(5)	RL4(27)	5.2500	5.2130
521	SU14(5)	RL5(28)	5.0000	4.9630
522	SU14(5)	RL6(29)	4.8125	4.7755
523	SU14(5)	RL7(30)	4.6250	4.5880
524	SU14(5)	RL8(31)	4.4375	4.4005
525	SU14(5)	RL9(32)	4.3125	4.2755
526	SU14(5)	RL10(33)	4.2500	4.2130
527	SU14(5)	RL11(34)	4.1875	4.1505
528	SU14(5)	RL12(35)	4.1875	4.1505
529	SU14(5)	RL13(36)	4.2500	4.2130
530	SU14(5)	RL14(37)	4.4375	4.4005
531	SU14(5)	RL15(38)	4.5625	4.5255
532	SU14(5)	RL16(39)	4.8125	4.7755
533	SU14(5)	RL17(40)	5.0000	4.9630
534	SU14(5)	RL18(41)	5.1875	5.1505
535	SU14(5)	RL19(42)	5.4375	5.4005
536	SU14(5)	RL20(43)	5.6875	5.6505
537	SU14(5)	RL21(44)	5.9375	5.9005
538	SU14(5)	RL22(45)	6.3125	6.2755
539	SU14(5)	RL23(46)	6.6875	6.6505
540	SU14(5)	WR0(23)	6.5625	6.5255
541	SU14(5)	WR1(47)	3.1250	3.0880
542	SU14(5)	WR2(48)	2.7500	2.7130
543	SU14(5)	WR3(49)	2.4375	2.4005
544	SU14(5)	WR4(50)	2.3750	2.3380
545	SU14(5)	WR5(51)	2.5000	2.4630
546	SU14(5)	WR6(52)	2.8750	2.8380
547	SU14(5)	WR7(53)	3.3750	3.3380
548	SU16(4)	RL1(24)	6.9375	6.8915
549	SU16(4)	RL2(25)	6.6250	6.5790
550	SU16(4)	RL3(26)	6.2500	6.2041
551	SU16(4)	RL4(27)	6.0000	5.9540
552	SU16(4)	RL5(28)	5.7500	5.7040
553	SU16(4)	RL6(29)	5.5000	5.4541
554	SU16(4)	RL7(30)	5.2500	5.2040
555	SU16(4)	RL8(31)	5.0625	5.0165
556	SU16(4)	RL9(32)	4.9375	4.8915
557	SU16(4)	RL10(33)	4.8125	4.7665
558	SU16(4)	RL11(34)	4.7500	4.7040
559	SU16(4)	RL12(35)	4.6875	4.6416
560	SU16(4)	RL13(36)	4.7500	4.7040
561	SU16(4)	RL14(37)	4.8125	4.7665
562	SU16(4)	RL15(38)	4.8750	4.8290
563	SU16(4)	RL16(39)	5.0000	4.9540
564	SU16(4)	RL17(40)	5.1875	5.1415
565	SU16(4)	RL18(41)	5.3750	5.3290
566	SU16(4)	RL19(42)	5.5625	5.5166
567	SU16(4)	RL20(43)	5.8125	5.7665
568	SU16(4)	RL21(44)	6.1250	6.0790
569	SU16(4)	RL22(45)	6.4375	6.3916
570	SU16(4)	RL23(46)	6.7500	6.7040
571	SU16(4)	WR0(23)	7.3750	7.3290
572	SU16(4)	WR1(47)	3.5625	3.5165
573	SU16(4)	WR2(48)	3.2500	3.2040
574	SU16(4)	WR3(49)	3.0000	2.9540
575	SU16(4)	WR4(50)	2.7500	2.7040
576	SU16(4)	WR5(51)	2.8125	2.7666
577	SU16(4)	WR6(52)	3.1875	3.1415
578	SU16(4)	WR7(53)	3.6250	3.5790
579	SU18(3)	RL1(24)	7.7500	7.7176
580	SU18(3)	RL2(25)	7.3125	7.2801
581	SU18(3)	RL3(26)	7.0000	6.9676
582	SU18(3)	RL4(27)	6.7500	6.7176
583	SU18(3)	RL5(28)	6.5000	6.4676
584	SU18(3)	RL6(29)	6.1875	6.1551
585	SU18(3)	RL7(30)	6.0000	5.9676
586	SU18(3)	RL8(31)	5.8125	5.7801
587	SU18(3)	RL9(32)	5.6250	5.5926
588	SU18(3)	RL10(33)	5.4375	5.4051
589	SU18(3)	RL11(34)	5.3125	5.2801
590	SU18(3)	RL12(35)	5.2500	5.2176
591	SU18(3)	RL13(36)	5.1875	5.1551
592	SU18(3)	RL14(37)	5.1875	5.1551
593	SU18(3)	RL15(38)	5.2500	5.2176
594	SU18(3)	RL16(39)	5.3125	5.2801
595	SU18(3)	RL17(40)	5.4375	5.4051
596	SU18(3)	RL18(41)	5.6250	5.5926
597	SU18(3)	RL19(42)	5.8125	5.7801
598	SU18(3)	RL20(43)	6.0000	5.9676
599	SU18(3)	RL21(44)	6.1875	6.1551
600	SU18(3)	RL22(45)	6.4375	6.4051

初動走時読み取り値一覧表 (7)

No.	起振点 (通しNo.)	受振点 (通しNo.)	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
601	SU18(3)	RL23(46)	6.7500	6.7176
602	SU18(3)	WR0(23)	8.2500	8.2176
603	SU18(3)	WR1(47)	4.1875	4.1551
604	SU18(3)	WR2(48)	3.8125	3.7801
605	SU18(3)	WR3(49)	3.6250	3.5926
606	SU18(3)	WR4(50)	3.3125	3.2801
607	SU18(3)	WR5(51)	3.3125	3.2801
608	SU18(3)	WR6(52)	3.6875	3.6551
609	SU18(3)	WR7(53)	4.0625	4.0301
610	SU20(2)	RL1(24)	8.5625	8.5343
611	SU20(2)	RL2(25)	8.1875	8.1593
612	SU20(2)	RL3(26)	7.8125	7.7843
613	SU20(2)	RL4(27)	7.5000	7.4718
614	SU20(2)	RL5(28)	7.2500	7.2218
615	SU20(2)	RL6(29)	7.0000	6.9718
616	SU20(2)	RL7(30)	6.7500	6.7218
617	SU20(2)	RL8(31)	6.5625	6.5343
618	SU20(2)	RL9(32)	6.3750	6.3468
619	SU20(2)	RL10(33)	6.1250	6.0968
620	SU20(2)	RL11(34)	5.9375	5.9093
621	SU20(2)	RL12(35)	5.8750	5.8468
622	SU20(2)	RL13(36)	5.8125	5.7843
623	SU20(2)	RL14(37)	5.7500	5.7218
624	SU20(2)	RL15(38)	5.6875	5.6593
625	SU20(2)	RL16(39)	5.7500	5.7218
626	SU20(2)	RL17(40)	5.8125	5.7843
627	SU20(2)	RL18(41)	5.9375	5.9093
628	SU20(2)	RL19(42)	6.0625	6.0343
629	SU20(2)	RL20(43)	6.2500	6.2218
630	SU20(2)	RL21(44)	6.3750	6.3468
631	SU20(2)	RL22(45)	6.5625	6.5343
632	SU20(2)	RL23(46)	6.8750	6.8468
633	SU20(2)	WR0(23)	8.9375	8.9093
634	SU20(2)	WR1(47)	4.9375	4.9093
635	SU20(2)	WR2(48)	4.5000	4.4718
636	SU20(2)	WR3(49)	4.3125	4.2843
637	SU20(2)	WR4(50)	3.9375	3.9093
638	SU20(2)	WR5(51)	3.9375	3.9093
639	SU20(2)	WR6(52)	4.1875	4.1593
640	SU20(2)	WR7(53)	4.5625	4.5343
641	SU22(1)	RL1(24)	9.5000	9.4678
642	SU22(1)	RL2(25)	9.0000	8.9678
643	SU22(1)	RL3(26)	8.6250	8.5928
644	SU22(1)	RL4(27)	8.3125	8.2803
645	SU22(1)	RL5(28)	8.0000	7.9678
646	SU22(1)	RL6(29)	7.7500	7.7178
647	SU22(1)	RL7(30)	7.5625	7.5303
648	SU22(1)	RL8(31)	7.3125	7.2803
649	SU22(1)	RL9(32)	7.0625	7.0303
650	SU22(1)	RL10(33)	6.8750	6.8428

No.	起振点 (通しNo.)	受振点 (通しNo.)	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
651	SU22(1)	RL11(34)	6.7500	6.7178
652	SU22(1)	RL12(35)	6.6250	6.5928
653	SU22(1)	RL13(36)	6.5000	6.4678
654	SU22(1)	RL14(37)	6.4375	6.4053
655	SU22(1)	RL15(38)	6.3750	6.3428
656	SU22(1)	RL16(39)	6.3750	6.3428
657	SU22(1)	RL17(40)	6.3750	6.3428
658	SU22(1)	RL18(41)	6.4375	6.4053
659	SU22(1)	RL19(42)	6.5000	6.4678
660	SU22(1)	RL20(43)	6.6250	6.5928
661	SU22(1)	RL21(44)	6.7500	6.7178
662	SU22(1)	RL22(45)	6.9375	6.9053
663	SU22(1)	RL23(46)	7.0625	7.0303
664	SU22(1)	WR0(23)	9.9375	9.9053
665	SU22(1)	WR1(47)	5.6875	5.6553
666	SU22(1)	WR2(48)	5.3125	5.2803
667	SU22(1)	WR3(49)	5.1250	5.0928
668	SU22(1)	WR4(50)	4.7500	4.7178
669	SU22(1)	WR5(51)	4.6875	4.6553
670	SU22(1)	WR6(52)	4.9375	4.9053
671	SU22(1)	WR7(53)	5.2500	5.2178
672	WS1(23)	RU1(22)	4.8125	4.8657
673	WS1(23)	RU2(21)	4.4375	4.4907
674	WS1(23)	RU3(20)	4.0625	4.1157
675	WS1(23)	RU4(19)	3.6875	3.7407
676	WS1(23)	RU5(18)	3.4375	3.4907
677	WS1(23)	RU6(17)	3.1250	3.1782
678	WS1(23)	RU7(16)	2.8750	2.9282
679	WS1(23)	RU8(15)	2.6875	2.7407
680	WS1(23)	RU9(14)	2.5625	2.6157
681	WS1(23)	RU10(13)	2.5000	2.5532
682	WS1(23)	RU11(12)	2.5000	2.5532
683	WS1(23)	RU12(11)	2.5625	2.6157
684	WS1(23)	RU13(10)	2.6250	2.6782
685	WS1(23)	RU14(9)	2.8125	2.8657
686	WS1(23)	RU15(8)	3.0625	3.1157
687	WS1(23)	RU16(7)	3.3125	3.3657
688	WS1(23)	RU17(6)	3.5625	3.6157
689	WS1(23)	RU18(5)	3.9375	3.9907
690	WS1(23)	RU19(4)	4.1875	4.2407
691	WS1(23)	RU20(3)	4.5625	4.6157
692	WS1(23)	RU21(2)	4.9375	4.9907
693	WS1(23)	RU22(1)	5.3750	5.4282
694	WS1(23)	RL1(24)	4.7500	4.8032
695	WS1(23)	RL2(25)	4.1875	4.2407
696	WS1(23)	RL3(26)	3.7500	3.8032
697	WS1(23)	RL4(27)	3.3750	3.4282
698	WS1(23)	RL5(28)	3.0625	3.1157
699	WS1(23)	RL6(29)	2.6875	2.7407
700	WS1(23)	RL7(30)	2.3750	2.4282

初動走時読み取り値一覧表（8）

No.	起振点（通しNo.）	受振点（通しNo.）	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
701	WS1(23)	RL8(31)	2.0625	2.1157
702	WS1(23)	RL9(32)	1.7500	1.8032
703	WS1(23)	RL10(33)	1.5000	1.5532
704	WS1(23)	RL11(34)	1.3750	1.4282
705	WS1(23)	RL12(35)	1.3125	1.3657
706	WS1(23)	RL13(36)	1.5000	1.5532
707	WS1(23)	RL14(37)	1.6875	1.7407
708	WS1(23)	RL15(38)	2.0000	2.0532
709	WS1(23)	RL16(39)	2.2500	2.3032
710	WS1(23)	RL17(40)	2.6250	2.6782
711	WS1(23)	RL18(41)	3.0000	3.0532
712	WS1(23)	RL19(42)	3.3125	3.3657
713	WS1(23)	RL20(43)	3.6875	3.7407
714	WS1(23)	RL21(44)	4.1250	4.1782
715	WS1(23)	RL22(45)	4.5000	4.5532
716	WS1(23)	RL23(46)	4.8125	4.8657
717	WS1(23)	WR0(23)	5.3125	5.3657
718	WS1(23)	WR1(47)	0.2500	0.3032
719	WS1(23)	WR2(48)	0.2500	0.3032
720	WS1(23)	WR3(49)	0.5625	0.6157
721	WS1(23)	WR4(50)	0.8125	0.8657
722	WS1(23)	WR5(51)	1.0625	1.1157
723	WS1(23)	WR6(52)	1.3750	1.4282
724	WS1(23)	WR7(53)	1.7500	1.8032
725	WS2(24)	RU1(22)	4.9375	4.9768
726	WS2(24)	RU2(21)	4.5625	4.6018
727	WS2(24)	RU3(20)	4.0625	4.1018
728	WS2(24)	RU4(19)	3.7500	3.7893
729	WS2(24)	RU5(18)	3.3750	3.4143
730	WS2(24)	RU6(17)	3.1250	3.1643
731	WS2(24)	RU7(16)	2.8125	2.8518
732	WS2(24)	RU8(15)	2.5625	2.6018
733	WS2(24)	RU9(14)	2.3750	2.4143
734	WS2(24)	RU10(13)	2.3125	2.3518
735	WS2(24)	RU11(12)	2.2500	2.2893
736	WS2(24)	RU12(11)	2.2500	2.2893
737	WS2(24)	RU13(10)	2.3125	2.3518
738	WS2(24)	RU14(9)	2.4375	2.4768
739	WS2(24)	RU15(8)	2.6875	2.7268
740	WS2(24)	RU16(7)	2.9375	2.9768
741	WS2(24)	RU17(6)	3.2500	3.2893
742	WS2(24)	RU18(5)	3.5625	3.6018
743	WS2(24)	RU19(4)	3.8750	3.9143
744	WS2(24)	RU20(3)	4.2500	4.2893
745	WS2(24)	RU21(2)	4.6875	4.7268
746	WS2(24)	RU22(1)	5.0625	5.1018
747	WS2(24)	RL1(24)	4.8750	4.9143
748	WS2(24)	RL2(25)	4.3750	4.4143
749	WS2(24)	RL3(26)	3.9375	3.9768
750	WS2(24)	RL4(27)	3.5625	3.6018
751	WS2(24)	RL5(28)	3.2500	3.2893
752	WS2(24)	RL6(29)	2.9375	2.9768
753	WS2(24)	RL7(30)	2.6250	2.6643
754	WS2(24)	RL8(31)	2.3125	2.3518
755	WS2(24)	RL9(32)	2.0625	2.1018
756	WS2(24)	RL10(33)	1.8125	1.8518
757	WS2(24)	RL11(34)	1.6875	1.7268
758	WS2(24)	RL12(35)	1.6250	1.6643
759	WS2(24)	RL13(36)	1.6875	1.7268
760	WS2(24)	RL14(37)	1.9375	1.9768
761	WS2(24)	RL15(38)	2.2500	2.2893
762	WS2(24)	RL16(39)	2.5625	2.6018
763	WS2(24)	RL17(40)	2.9375	2.9768
764	WS2(24)	RL18(41)	3.3125	3.3518
765	WS2(24)	RL19(42)	3.6250	3.6643
766	WS2(24)	RL20(43)	4.0625	4.1018
767	WS2(24)	RL21(44)	4.3750	4.4143
768	WS2(24)	RL22(45)	4.7500	4.7893
769	WS2(24)	RL23(46)	5.0000	5.0393
770	WS2(24)	WR0(23)	5.5000	5.5393
771	WS2(24)	WR1(47)	0.6250	0.6643
772	WS2(24)	WR2(48)	0.2500	0.2893
773	WS2(24)	WR3(49)	0.2500	0.2893
774	WS2(24)	WR4(50)	0.5625	0.6018
775	WS2(24)	WR5(51)	0.8125	0.8518
776	WS2(24)	WR6(52)	1.1875	1.2268
777	WS2(24)	WR7(53)	2.0000	2.0393
778	WS3(25)	RU1(22)	5.3125	5.2902
779	WS3(25)	RU2(21)	4.8750	4.8527
780	WS3(25)	RU3(20)	4.4375	4.4152
781	WS3(25)	RU4(19)	4.0625	4.0402
782	WS3(25)	RU5(18)	3.6250	3.6027
783	WS3(25)	RU6(17)	3.3125	3.2902
784	WS3(25)	RU7(16)	3.0625	3.0402
785	WS3(25)	RU8(15)	2.8125	2.7902
786	WS3(25)	RU9(14)	2.6250	2.6027
787	WS3(25)	RU10(13)	2.4375	2.4152
788	WS3(25)	RU11(12)	2.3125	2.2902
789	WS3(25)	RU12(11)	2.2500	2.2277
790	WS3(25)	RU13(10)	2.2500	2.2277
791	WS3(25)	RU14(9)	2.3750	2.3527
792	WS3(25)	RU15(8)	2.5625	2.5402
793	WS3(25)	RU16(7)	2.8125	2.7902
794	WS3(25)	RU17(6)	3.1250	3.1027
795	WS3(25)	RU18(5)	3.4375	3.4152
796	WS3(25)	RU19(4)	3.7500	3.7277
797	WS3(25)	RU20(3)	4.1250	4.1027
798	WS3(25)	RU21(2)	4.5000	4.4777
799	WS3(25)	RU22(1)	4.8750	4.8527
800	WS3(25)	RL1(24)	5.1250	5.1027

初動走時読み取り値一覧表 (9)

No.	起振点 (通しNo.)	受振点 (通しNo.)	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
801	WS3(25)	RL2(25)	4.7500	4.7277
802	WS3(25)	RL3(26)	4.3125	4.2902
803	WS3(25)	RL4(27)	4.0000	3.9777
804	WS3(25)	RL5(28)	3.6250	3.6027
805	WS3(25)	RL6(29)	3.3125	3.2902
806	WS3(25)	RL7(30)	3.0000	2.9777
807	WS3(25)	RL8(31)	2.6875	2.6652
808	WS3(25)	RL9(32)	2.4375	2.4152
809	WS3(25)	RL10(33)	2.1250	2.1027
810	WS3(25)	RL11(34)	2.0000	1.9777
811	WS3(25)	RL12(35)	1.9375	1.9152
812	WS3(25)	RL13(36)	2.0625	2.0402
813	WS3(25)	RL14(37)	2.3125	2.2902
814	WS3(25)	RL15(38)	2.5000	2.4777
815	WS3(25)	RL16(39)	2.6875	2.6652
816	WS3(25)	RL17(40)	2.8750	2.8527
817	WS3(25)	RL18(41)	3.2500	3.2277
818	WS3(25)	RL19(42)	3.5000	3.4777
819	WS3(25)	RL20(43)	3.8750	3.8527
820	WS3(25)	RL21(44)	4.1875	4.1652
821	WS3(25)	RL22(45)	4.5625	4.5402
822	WS3(25)	RL23(46)	4.8750	4.8527
823	WS3(25)	WR0(23)	5.8750	5.8527
824	WS3(25)	WR1(47)	0.9375	0.9152
825	WS3(25)	WR2(48)	0.6250	0.6027
826	WS3(25)	WR3(49)	0.5000	0.[illegible]777
827	WS3(25)	WR4(50)	0.4375	0.4152
828	WS3(25)	WR5(51)	0.6875	0.6652
829	WS3(25)	WR6(52)	0.9375	0.9152
830	WS3(25)	WR7(53)	1.6875	1.6652
831	WS4(26)	RU1(22)	5.6875	5.6722
832	WS4(26)	RU2(21)	5.1875	5.1722
833	WS4(26)	RU3(20)	4.8125	4.7972
834	WS4(26)	RU4(19)	4.4375	4.4222
835	WS4(26)	RU5(18)	4.0000	3.9847
836	WS4(26)	RU6(17)	3.6250	3.6097
837	WS4(26)	RU7(16)	3.3750	3.3597
838	WS4(26)	RU8(15)	3.1250	3.1097
839	WS4(26)	RU9(14)	2.8750	2.8597
840	WS4(26)	RU10(13)	2.6875	2.6722
841	WS4(26)	RU11(12)	2.5000	2.[illegible]847
842	WS4(26)	RU12(11)	2.4375	[illegible]22
843	WS4(26)	RU13(10)	2.3750	2.3597
844	WS4(26)	RU14(9)	2.4375	2.4222
845	WS4(26)	RU15(8)	2.5625	2.5472
846	WS4(26)	RU16(7)	2.7500	2.7347
847	WS4(26)	RU17(6)	3.0000	2.9847
848	WS4(26)	RU18(5)	3.2500	3.2347
849	WS4(26)	RU19(4)	3.5625	3.547[illegible]
850	WS4(26)	RU20(3)	3.8750	3.8[illegible]
851	WS4(26)	RU21(2)	4.2500	4.2347
852	WS4(26)	RU22(1)	4.6250	4.6097
853	WS4(26)	RL1(24)	5.5000	5.4847
854	WS4(26)	RL2(25)	5.0000	4.9847
855	WS4(26)	RL3(26)	4.5625	4.5472
856	WS4(26)	RL4(27)	4.2500	4.2347
857	WS4(26)	RL5(28)	3.9375	3.9222
858	WS4(26)	RL6(29)	3.5625	3.5472
859	WS4(26)	RL7(30)	3.2500	3.2347
860	WS4(26)	RL8(31)	3.0000	2.9847
861	WS4(26)	RL9(32)	2.7500	2.7347
862	WS4(26)	RL10(33)	2.5625	2.5472
863	WS4(26)	RL11(34)	2.3750	2.3597
864	WS4(26)	RL12(35)	2.3125	2.2972
865	WS4(26)	RL13(36)	2.2500	2.2347
866	WS4(26)	RL14(37)	2.2500	2.2347
867	WS4(26)	RL15(38)	2.3125	2.2972
868	WS4(26)	RL16(39)	2.5000	2.4847
869	WS4(26)	RL17(40)	2.6875	2.6722
870	WS4(26)	RL18(41)	2.9375	2.9222
871	WS4(26)	RL19(42)	3.2500	3.2347
872	WS4(26)	RL20(43)	3.5625	3.5472
873	WS4(26)	RL21(44)	3.9375	3.9222
874	WS4(26)	RL22(45)	4.2500	4.2347
875	WS4(26)	RL23(46)	4.5000	4.4847
876	WS4(26)	WR0(23)	6.3125	6.2972
877	WS4(26)	WR1(47)	1.3125	1.2972
878	WS4(26)	WR2(48)	0.9375	0.9222
879	WS4(26)	WR3(49)	0.7500	0.7347
880	WS4(26)	WR4(50)	0.4375	0.4222
881	WS4(26)	WR5(51)	0.4375	0.4222
882	WS4(26)	WR6(52)	0.6875	0.6722
883	WS4(26)	WR7(53)	1.5625	1.5472
884	WS5(27)	RU1(22)	5.7500	5.8950
885	WS5(27)	RU2(21)	5.2500	5.3950
886	WS5(27)	RU3(20)	4.8750	5.0200
887	WS5(27)	RU4(19)	4.5000	4.6450
888	WS5(27)	RU5(18)	4.0625	4.2075
889	WS5(27)	RU6(17)	3.7500	3.8950
890	WS5(27)	RU7(16)	3.4375	3.5825
891	WS5(27)	RU8(15)	3.1875	3.3325
892	WS5(27)	RU9(14)	3.0000	3.1450
893	WS5(27)	RU10(13)	2.8125	2.9575
894	WS5(27)	RU11(12)	2.6250	2.7700
895	WS5(27)	RU12(11)	2.5000	2.6450
896	WS5(27)	RU13(10)	2.4375	2.5825
897	WS5(27)	RU14(9)	2.5000	2.6450
898	WS5(27)	RU15(8)	2.6250	2.7700
899	WS5(27)	RU16(7)	2.8125	2.9575
900	WS5(27)	RU17(6)	3.0625	3.2075

初動走時読み取り値一覧表（10）

No.	起振点（通しNo.）	受振点（通しNo.）	走時(ms) 往復走時 補正前	走時(ms) 往復走時 補正後
901	WS5(27)	RU18(5)	3.3125	3.4575
902	WS5(27)	RU19(4)	3.5625	3.7075
903	WS5(27)	RU20(3)	3.8750	4.0200
904	WS5(27)	RU21(2)	4.2500	4.3950
905	WS5(27)	RU22(1)	4.6250	4.7700
906	WS5(27)	RL1(24)	5.6250	5.7700
907	WS5(27)	RL2(25)	5.2500	5.3950
908	WS5(27)	RL3(26)	4.7500	4.8950
909	WS5(27)	RL4(27)	4.3750	4.5200
910	WS5(27)	RL5(28)	4.0000	4.1450
911	WS5(27)	RL6(29)	3.6875	3.8325
912	WS5(27)	RL7(30)	3.3750	3.5200
913	WS5(27)	RL8(31)	3.1250	3.2700
914	WS5(27)	RL9(32)	2.8750	3.0200
915	WS5(27)	RL10(33)	2.6250	2.7700
916	WS5(27)	RL11(34)	2.3750	2.5200
917	WS5(27)	RL12(35)	2.1250	2.2700
918	WS5(27)	RL13(36)	1.9375	2.0825
919	WS5(27)	RL14(37)	1.8125	1.9575
920	WS5(27)	RL15(38)	1.8750	2.0200
921	WS5(27)	RL16(39)	2.1250	2.2700
922	WS5(27)	RL17(40)	2.3125	2.4575
923	WS5(27)	RL18(41)	2.5625	2.7075
924	WS5(27)	RL19(42)	2.8125	2.9575
925	WS5(27)	RL20(43)	3.1250	3.2700
926	WS5(27)	RL21(44)	3.4375	3.5825
927	WS5(27)	RL22(45)	3.7500	3.8950
928	WS5(27)	RL23(46)	4.1250	4.2700
929	WS5(27)	WR0(23)	6.3750	6.5200
930	WS5(27)	WR1(47)	1.3750	1.5200
931	WS5(27)	WR2(48)	1.0000	1.1450
932	WS5(27)	WR3(49)	0.7500	0.8950
933	WS5(27)	WR4(50)	0.5000	0.6450
934	WS5(27)	WR5(51)	0.1875	0.3325
935	WS5(27)	WR6(52)	0.3125	0.4575
936	WS5(27)	WR7(53)	0.8125	0.9575
937	WS6(28)	RU1(22)	6.1250	6.2443
938	WS6(28)	RU2(21)	5.7500	5.8693
939	WS6(28)	RU3(20)	5.3125	5.4318
940	WS6(28)	RU4(19)	4.8750	4.9943
941	WS6(28)	RU5(18)	4.4375	4.55[illegible]8
942	WS6(28)	RU6(17)	4.0625	4.1818
943	WS6(28)	RU7(16)	3.8125	3.9318
944	WS6(28)	RU8(15)	3.5625	3.6818
945	WS6(28)	RU9(14)	3.3125	3.4318
946	WS6(28)	RU10(13)	3.1875	3.3068
947	WS6(28)	RU11(12)	3.0625	3.1818
948	WS6(28)	RU12(11)	2.9375	3.0568
949	WS6(28)	RU13(10)	2.8750	2.9943
950	WS6(28)	RU14(9)	2.9375	3.0568
951	WS6(28)	RU15(8)	3.0625	3.1818
952	WS6(28)	RU16(7)	3.2500	3.3693
953	WS6(28)	RU17(6)	3.5000	3.6193
954	WS6(28)	RU18(5)	3.7500	3.8693
955	WS6(28)	RU19(4)	4.0000	4.1193
956	WS6(28)	RU20(3)	4.2500	4.3693
957	WS6(28)	RU21(2)	4.5625	4.6818
958	WS6(28)	RU22(1)	4.9375	5.0568
959	WS6(28)	RL1(24)	5.9375	6.0568
960	WS6(28)	RL2(25)	5.5000	5.6193
961	WS6(28)	RL3(26)	5.0000	5.1193
962	WS6(28)	RL4(27)	4.6875	4.8068
963	WS6(28)	RL5(28)	4.3125	4.4318
964	WS6(28)	RL6(29)	4.0000	4.1193
965	WS6(28)	RL7(30)	3.5000	3.6193
966	WS6(28)	RL8(31)	3.1875	3.3068
967	WS6(28)	RL9(32)	2.6875	2.8068
968	WS6(28)	RL10(33)	2.3750	2.4943
969	WS6(28)	RL11(34)	2.0000	2.1193
970	WS6(28)	RL12(35)	1.7500	1.[illegible]93
971	WS6(28)	RL13(36)	1.5625	1.6818
972	WS6(28)	RL14(37)	1.5000	1.6193
973	WS6(28)	RL15(38)	1.5625	1.6818
974	WS6(28)	RL16(39)	1.7500	1.8693
975	WS6(28)	RL17(40)	2.0000	2.1193
976	WS6(28)	RL18(41)	2.2500	2.3693
977	WS6(28)	RL19(42)	2.5000	2.6193
978	WS6(28)	RL20(43)	2.8125	2.9318
979	WS6(28)	RL21(44)	3.1875	3.3068
980	WS6(28)	RL22(45)	3.5000	3.6193
981	WS6(28)	RL23(46)	3.8750	3.9943
982	WS6(28)	WR0(23)	6.7500	6.8693
983	WS6(28)	WR1(47)	1.6250	1.7443
984	WS6(28)	WR2(48)	1.3750	1.4943
985	WS6(28)	WR3(49)	1.1250	1.2443
986	WS6(28)	WR4(50)	0.8750	0.9943
987	WS6(28)	WR5(51)	0.6250	0.7443
988	WS6(28)	WR6(52)	0.2500	0.3693
989	WS6(28)	WR7(53)	0.3125	0.4318

巻末資料　4

弾性波トモグラフィーの解析について

以下に、弾性波トモグラフィーの解析理論について簡単に述べる。

（解析の大まかな流れについては、本文「3-3」参照）

<内容>

Ⅰ．データチェック・往復走時補正

Ⅱ．ＢＰＴ（初期モデルの設定）

Ⅲ．パス計算（理論走時計算）

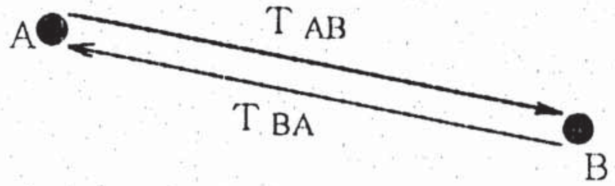
Ⅳ．収束判定

Ⅴ．ＳＩＲＴ（速度モデルの修正）

Ⅰ．データチェック・往復走時補正

弾性波トモグラフィーの解析では、波形記録から初動を読み取ったあと、はじめに、読み取りやデータ入力のミスがないかどうかをチェックする。

つぎに、往復走時補正を行う。以下に、往復走時補正について述べる。



いま、測定点AおよびBを考える。
ここで、Aを起振点、Bを受振点としたときの走時を T_{AB}、Bを起振点、Aを受振点としたときの走時を T_{BA} とすると、理論的には

$$T_{AB}=T_{BA}$$

となる。しかし、実際のデータではショットマークのずれなどが原因で誤差が生じる。そこで、この誤差をできるだけ少なくする様に、各起振点ごとに走時データにシフト量を与える。各起振点に与えるシフト量は、最小二乗法によって決定する。

すなわち、起振点 i から j への走時を T_{ij}、起振点 j から i への走時を T_{ji} とすると、

$$(T_{ij}+e_i)-(T_{ji}+e_j)=r_{ij}$$

が成り立つ、ここで、e は起振点 i、j に与えるべきシフト量、r は往復走時誤差の残差である。この式は、往復走時の組の数だけあるので、

$$R=\sum_{i\neq j}^{n}(r_{ij})^2$$

を最小にするような e_i（起振点の個数分）を最小二乗法によって求める。

Ⅱ．ＢＰＴ（Back Projection Technique、逆投影法）

弾性波トモグラフィーの解析においては、通常速度値そのものではなく、速度の逆数であるスローネスを用いる。ＢＰＴでは、まず、波線経路を直線と仮定し、観測走時をそれぞれの起振点～受振点距離で除して平均スローネスを求め、つぎに、あるセル内を複数の波線が通過している場合、その波線がセルを通過する長さで重みをかけて平均し各セルのスローネスを決定する。

すなわち、データ数を N、分割セル数を M とし i 番目の波線について考える。i 番目の波線の観測走時を T_{obsi}、起振点～受振点距離を L_i とすると、この波線が通過するセルの平均スローネスは、

$$\overline{S_i} = \frac{T_{obsi}}{L_i}$$

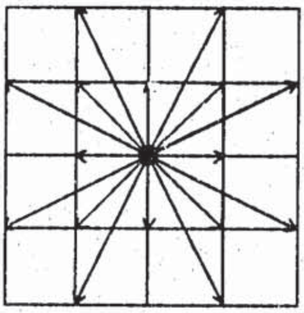
で表される。k番目のセルをi番目の波線が通過する長さをl_{ik}とすると、k番目のセルのスローネスS_kは

$$S_k = \frac{\sum_i (l_{ik} \bullet \overline{S_i})}{\sum_i l_{ik}}$$

で表される。このようにして、すべてのセルについてスローネスを求め、これを初期モデルとする。

Ⅲ. パス計算

反復計算を行う際は、まず、パス計算によってモデルに対する理論走時を求める。ここでは、ホイヘンス（Huygens）の原理に基づいた計算を行う。



● 振源

⟶ 波線

まず、左図に示すように、振源から16方向の格子の節点（セルの境界線の交点）に向かって波線を出し、各節点までの走時を求め記憶しておく。つぎに、これら16の格子点を振源に見立て、それぞれ16方向の波線に対して走時を計算し、前に記憶しておいた計算値と併せて元の振源からの走時を求める。この時点で、以前の段階ですでに波線が到達している格子点があれば、走時を比較して、小さい方の走時のみ記憶する（遅い方は破棄する）。以上の計算を、モデル内のすべての節点に波線が到達するまで繰り返す。つぎに、こうして求めた波線を起振点から受振点までたどることにより、波線が決定される。ただし、この波線は、節点のある方向にのみ射出されるため、同一速度の媒質中でも波が屈折してしまうことがある。最後にそれを修正し、最終的な波線と理論走時を求める。

Ⅳ. 収束判定

パス計算によって求めた走時をT_{cal}、観測走時をT_{obs}とすると、

$$\Delta T = T_{obs} - T_{cal}$$

で表される量を、走時残差という。走時残差が小さいほど、モデルが観測走時によく合っているということになる。走時残差は、データ数だけあり、通常そのば

らつきは、0を中心とした正規分布をなす。収束判定をする際には、

$$\overline{\Delta T}_{RMS} = \sqrt{\sum(\Delta T^2)/N} \qquad (N\text{はデータ数})$$

で表されるRMS残差（平均二乗残差）を主に用いる。データの誤差や、残差の減少量などを考慮し、十分収束していると判定された場合反復計算を打ち切り、その時点でのモデルを最終結果とする。また、収束していないと判断された場合、モデルを修正し、再びパス計算を行って収束判定を行う。

V．SIRT（Simultaneous Interactiv Reconstruction Technique、同時反復法）

今回使用したモデル修正の手法。まず、パス計算の結果得られた走時残差を、波線が通過したセルに、セルの長さに応じて振り分け、つぎに、振り分けられた走時残差と波線が各セルを通る長さとを用いて各セルごとのスローネスの修正量を求めるという方法である。

はじめに、すべての波線について走時残差を求め、次式により、波線が通過するセルに振り分ける。i番目の波線に関してk番目のセルに振り分けられる走時残差$\triangle t_{ik}$は、

$$\Delta t_{ik} = \frac{\Delta T_i \bullet l_{ik}}{L_i}$$

k番目のセルのスローネス補正量$\triangle S_k$は、

$$\Delta S_k = \frac{\sum_i \Delta t_{ik}}{\sum_i l_{ik}}$$

で求められる。

波形データフロッピーディスクについて

報告書に添付した波形データフロッピーディスクには、今回現場で収録された波形データをテキストファイルとして収録した。ディスクフォーマットはMS-DOS 1.44MBである。

以下に、データフォーマットを示す。

＜波形データ例＞

```
FILE NAME = SAMPLE.DAT .........[ret]
No. of CHANNEL = 33 ..............[ret]
SAMPLING TIME = 0.0625(ms) ..............[ret]
Last Channel is Shot Mark ................[ret]
    -------------(CHANNEL No. )----------------> ...............[ret]
   |       ..................[ret]
(SAMP.No.) ..................[ret]
   |       ..................[ret]
   |/      ..................[ret]
1856,-1792,1600,2240,3072,2560,2944,1792,2560,...... (ﾁｬﾝﾈﾙ数
分) . ...[ret]
2176,-1024,1792,2560,3392,2496,3072,1664,2816,...... (ﾁｬﾝﾈﾙ数
分) .....[ret]
          . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
          . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
          . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
          . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
```

＜波形データフォーマットの説明＞

はじめの9行はヘッダーで、ファイルネームやサンプリングタイムなどの基本的なデータが含まれている。ファイルは1起振点につきひとつあるので、ファイルネームには、起振点No.を用いた。

(例) 起振点= SU1 のとき "SHOTSU01.DAT"

10行目からが波形のデータで、10行目が各チャンネルの波形の先頭の値、11行目が2番目の値. . . となっており、各行とも、カンマで区切られたデータの左から1ch、2ch、. . . となっている。たとえば、左から8番目のデータを、10行目から順につないでいけば8chの波形となる。なお、受振点とチャンネルの関係は起振点によって3種類あり、以下のようになっている。

チャンネル～受振点対応表（1）

	受振点		
CH.	起振→SU3～SU22	起振→SL3～SL23	起振→SW1～SW8
1	RL23	RU22	RU22
2	RL22	RU21	RU21
3	RL21	RU20	RU20
4	RL20	RU19	RU19
5	RL19	RU18	RU18
6	RL18	RU17	RU17
7	RL17	RU16	RU16
8	RL16	RU15	RU15
9	RL15	RU14	RU14
10	RL14	RU13	RU13
11	RL13	RU12	RU12
12	RL12	RU11	RU11
13	RL11	RU10	RU10
14	RL10	RU9	RU9
15	RL9	RU8	RU8
16	RL8	RU7	RU7
17	RL7	RU6	RU6
18	RL6	RU5	RU5
19	RL5	RU4	RU4
20	RL4	RU3	RU3
21	RL3	RU2	RU2
22	RL2	RU1	RU1
23	RL1	RU0（未使用）	RU0（未使用）
24	RL0（未使用）	WR1	RL23
25	WR1	WR2	RL22
26	WR2	WR3	RL21
27	WR3	WR4	RL20
28	WR4	WR5	RL19
29	WR5	WR6	RL18
30	WR6	WR7	RL17

チャンネル～受振点対応表（2）

	受振点		
CH.	起振→SU3～SU22	起振→SL3～SL23	起振→SW1～SW8
31	WR7	WR8	RL16
32	WR8	WR0	RL15
33	WR0	SHOT MARK	RL14
34	SHOT MARK	-	RL13
35	-	-	RL12
36	-	-	RL11
37	-	-	RL10
38	-	-	RL9
39	-	-	RL8
40	-	-	RL7
41	-	-	RL6
42	-	-	RL5
43	-	-	RL4
44	-	-	RL3
45	-	-	RL2
46	-	-	RL1
47	-	-	RL0（未使用）
48	-	-	WR1
49	-	-	WR2
50	-	-	WR3
51	-	-	WR4
52	-	-	WR5
53	-	-	WR6
54	-	-	WR7
55	-	-	WR8
56	-	-	WR0
57	-	-	SHOT MARK